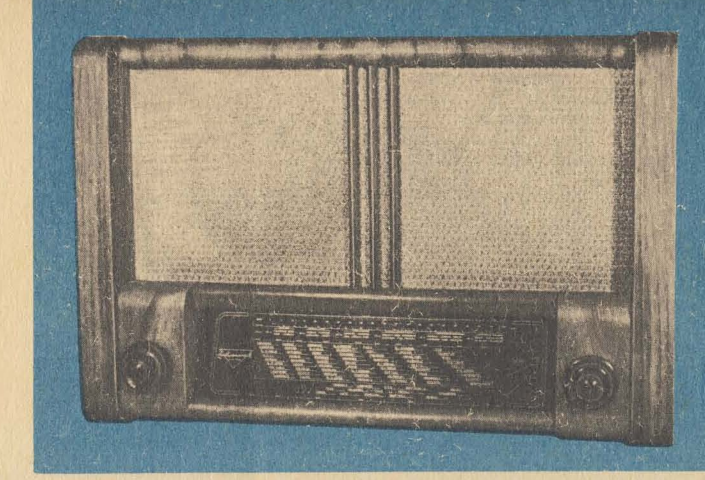
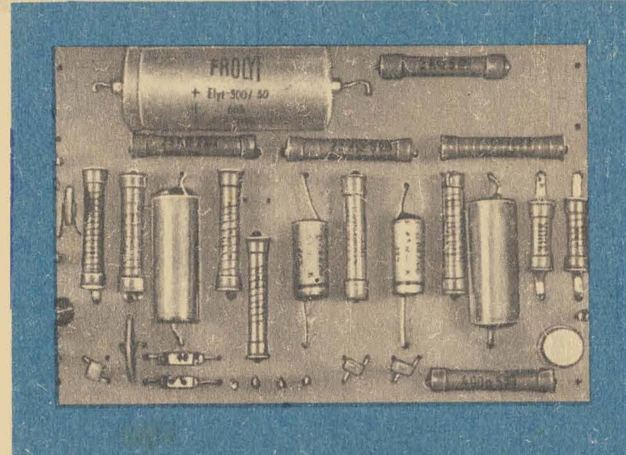




Bauplan Nr. 22
Preis 1,–

Klaus Schlenzig

Altes Radio ganz neu



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Die drahtlose Übertragung von Sprache und Musik über große Entfernungen wurde durch die Entwicklung der Elektronenröhre ermöglicht. Das liegt mehr als 50 Jahre zurück. Im Jahre 1923 nahm der erste deutschsprachige Rundfunksender seinen regelmäßigen Sendebetrieb auf.
Der Rundfunkempfänger, im Volksmund kurz „Radio" genannt, hat seitdem eine interessante technische Entwicklung genommen. Zusammen mit der technischen Entwicklung und seiner massenweisen Verbreitung gewann das „Radio" auch immer mehr an gesellschaftspolitischer Bedeutung. Wie in der Vergangenheit, so gehört auch in der Gegenwart der Rundfunk unter kapitalistischen Verhältnissen zu den Massenmedien, die die Ideologie der Monopolbourgeoisie, wohl verpackt, über das „Radio" an den Mann bringen.
Unsere volkseigene Industrie produziert seit Jahren ein vielseitiges, dem technischen Entwicklungsstand entsprechendes Sortiment an Rundfunkgeräten, das den steigenden Bedürfnissen der Bevölkerung immer besser gerecht wird. Der Deutsche Demokratische Rundfunk erfüllt mit seinen Sendungen den Auftrag der Arbeiterklasse, wahrheitsgetreu und objektiv über das Leben, die Politik und die Wirtschaft des ersten deutschen Arbeiter-und-Bauern-Staates und der sozialistischen Staatengemeinschaft zu berichten.
Im Verlauf der ständigen Entwicklung der Rundfunkgeräte konnten Empfindlichkeit, Lautstärke, Klangqualität, Bedienungskomfort und nicht zuletzt die gewissen Modetendenzen unterliegende Formgestaltung der Geräte verbessert bzw. verändert werden. Es gibt die Anekdote über einen Mann, der deshalb mit dem Kauf eines Empfängers noch etwas warten wollte, da man ja noch manches verbessern würde. Dieser Mann hat heute noch immer kein Rundfunkgerät und wird wohl auch bald keines mehr brauchen... Der rationale Kern dieser Geschichte besteht darin, daß – eben wegen des technischen Fortschritts – eine Marktsättigung bei Rundfunkempfängern niemals eingetreten ist. Der Verschleiß der Teile durch Alterung verlief meist weniger rasch als der „moralische" Verschleiß. Altgeräte wanderten in die Rumpelkammer, in den Keller oder auf den Schutthaufen; der Gebrauchtwarenhandel bildete meist nur eine Zwischenstation auf diesem Weg.
Die ersten Nachkriegsjahre brachten für viele dieser Veteranen einen zweiten Frühling. Nun setzten wirklich auch die Alterungsausfälle ein. Zu diesem Zeitpunkt aber waren bereits wieder neue Typen erhältlich, und die fortschreitende Entwicklung triumphierte erneut über die „Altgedienten".
Wesentliche Stationen der Jahre nach 1945 waren UKW-Rundfunk und Stereofonie; beide verbunden mit (gegenüber dem bisherigen Mittelwellenempfang) überwältigendem Qualitätsgewinn.
Dennoch blieb die Mittelwelle – schon wegen der Reichweite ihrer Sender und der billigen Schaltungstechnik für den Empfang – als Vermittler von Informations- und „Hintergrund"-Unterhaltungsprogrammen noch weiterhin attraktiv genug. So ist es nicht verwunderlich, daß auch heute noch ungezählte AM-Empfänger (AM = Amplitudenmodulation, d. h., die Hochfrequenzschwingung wird durch die Tonfrequenz nur in ihrer Amplitude beeinflußt) betrieben werden. Man nutzt sie oft als Zweit- oder Drittempfänger in anderen Räumen einer Wohnung. Sie sind überwiegend noch mit Röhren bestückt, vielfach sogar mit Typen, die heute nicht mehr gefertigt werden. Das ist verständlich, denn auch in der Rundfunkempfängertechnik der „Heimgeräte" hat sich der Transistor weitgehend durchgesetzt. Der Bedarf an diesen modernen Bauelementen (durchaus nicht nur für die Produktion von Empfängern!) ist so groß, daß alle geeigneten Fertigungsstätten für seine Herstellung genutzt werden. Als Beispiele seien nur die ehemaligen Röhrenwerke in Erfurt (jetzt Feldeffekttransistoren) und Neuhaus (jetzt UHF- und Leistungstransistoren) genannt. Selbstverständlich produziert man auch noch Röhren, aber nur für Zwecke, wo sie heute noch vernünftigerweise gebraucht werden. Viele (auch neuere Typen) sind daher nicht mehr überall erhältlich.
Hinzu kommt die Preisentwicklung, die schon heute zu einem Verhältnis von etwa 1 : 10 zwischen Transistoren und funktionell vergleichbaren Röhren geführt hat. Berücksichtigt man dabei noch die (beim Transistor allerdings stark von Auslastung und Umgebungsbedingungen abhängige) Lebensdauer, so verschiebt sich diese Relation noch weit stärker zugunsten des Transistors.
Schließlich und nicht zuletzt kommt noch ein ökonomischer Aspekt hinzu, der für die gesamte Volkswirtschaft Bedeutung hat. In Form von Heizleistung für die Katode und den weiteren auftretenden Verlustleistungen von Röhren geht beim Betrieb eines Röhrengeräts eine wesentlich größere Energiemenge als Wärmeenergie verloren, als das bei transistorbestückten Geräten gleicher Empfangsleistung der Fall ist. Rechnet man nur mit einer möglichen Einsparung von 80% (das dürfte im Durchschnitt herauskommen) und setzt 50 W als Leistungsaufnahme des Röhrengeräts an, so würde bei Umstellung auf Transistoren schon bei 2 Millionen gleichzeitig in den Spitzenbelastungszeiten betriebenen Geräten eine Entlastung des Netzes von $2 \cdot 10^6 \cdot 50$ W oder 100 Millionen Watt auf nur noch 20 Millionen Watt eintreten; je Stunde könnte man also 80 000 kWh nützlicheren Zwecken zuführen, ohne das Informationsbedürfnis der Hörer einzuschränken!

2. Röhren verbraucht – was nun?

Eines Tages versagt das täglich benutzte „Altgerät" den Dienst oder ist so weit abgenutzt, daß man kaum noch den Ortssender hört. Woher aber neue Röhren nehmen – und hat das auf Grund der eben angestellten Überlegungen überhaupt noch Sinn? Zwar soll diese Frage dennoch nicht generell verneint werden, denn vom Aufwand her bedeutet das Einsetzen einer einwandfreien Röhre die geringste Mühe – vorausgesetzt, sie läßt sich überhaupt noch beschaffen! Dieses Problem aber wird um so weniger lösbar, je älter der Typ und je spezieller das Fabrikat.
Zunächst lautete das Zauberwort „Umsockeln". Nahezu als Allheilmittel galt die Röhre RV12P2000. Ganze Schaltungssammlungen über ihre Potenzen wurden veröffentlicht. Sie diente als Audion, Mischer, Oszillator, ZF-Verstärker, Endröhre und selbst als Gleichrichter für die Anodenspannung.

In einem Fall, bedingt durch einen Schaltfehler, fungierte ihr Anodenblech sogar als Lautsprecher, wenn auch mit äußerst bescheidenem Wirkungsgrad, da Vakuum den Schall ja nicht leitet. Am Sockel aber konnte man es hören...
Doch lassen wir diese Witze. Wer heute vor die Frage eines Röhrentauschs gestellt wird, sollte besser seine Arbeitszeit auf andere Möglichkeiten verwenden, denn dem ersten Tausch folgt irgendwann ein zweiter usw.
Viele Menschen trennen sich von ihrem Veteranen nur höchst ungern, denn unbestritten war bezüglich des auf Mittelwelle Erreichbaren die Wiedergabequalität solider Holzgehäuse mit reichlich dimensioniertem Lautsprecher recht akzeptabel und stellt auf jeden Fall noch immer die Potenzen manches modernen Kofferempfängers in den Schatten, wenn das neue Vergleichsgerät der unteren Volumengruppe angehört. Andere Gründe für das Beharrungsvermögen der Besitzer solcher Altgeräte liegen manchmal in der Zusammensetzung der Wohnungseinrichtung oder vielleicht auch darin, daß ein älterer Mensch wegen der abgesunkenden oberen Hörfrequenzgrenze mit der brillanten Höhenwiedergabe gar nichts anzufangen weiß und auf die „Bässe" seines alten Kastens schwört.
Aber lohnt sich selbst dafür solcher Aufwand, der doch nur Flickschusterei bleibt, solange Röhren im Spiel sind?
Die andere Seite besteht darin, daß Altgeräte vom Gebrauchtwarenhandel nur bis zu etwa 10 Jahren Alter überhaupt noch abgenommen werden und dabei oft nur mäßige Preise erzielen. Ältere Typen wandern daher vielfach zum Gerümpel. Eigentlich ist es aber doch schade um sie, denn für den Kundigen stecken in ihnen noch manche „Schätze"; es gilt nur, sie zu heben.

3. Die „Schätze" eines Altgeräts

Ein Veteran der 20er Jahre hat – vom Sammler technischer Raritäten aus gesehen – für sich selbst bereits einen erheblichen ideellen Wert. Der Autor z. B. suchte lange Zeit als Anschauungsobjekt vergebens ein solches historisches Modell mit Außensteckspulen und Trichterlautsprecher.
Diese Typen aus der „Steinzeit des guten alten Dampfradios" scheiden für unser Bauplanvorhaben also aus. Sie wären dafür einfach zu schade. Nehmen wir aber einmal ein Modell der 30er, 40er oder gar 50er Jahre näher in Augenschein, so lassen sich 4 Gruppen von Teilen unterscheiden:
Zur 1. Gruppe gehören die „aktiven" Bauelemente, d. h. die Röhren, die nach einer mehr oder weniger langen Betriebszeit unbrauchbar werden.
Bei der 2. Gruppe handelt es sich um Teile, die mechanischem Verschleiß unterliegen. Dazu gehören u. a. Wellenschalter, aber auch alte Kunststoffteile, die brüchig geworden sind. Jedes mechanisch oder klimatisch besonders beanspruchte Bauelement sollte zunächst auf seine Brauchbarkeit hin untersucht werden, bevor man es neu verwendet.
Zur 3. Gruppe zählen elektrische Bauelemente, von denen angenommen werden muß, daß sie sich nicht mehr voll einsetzen lassen (was zu prüfen ist). Elektrolytkondensatoren z. B. können ausgetrocknet sein (durch ihre Kapazitäts-/Größenverhältnisse haben heute solche Typen ohnehin kaum noch Bedeutung), und die Verluste von Papierkondensatoren können im Laufe der Jahre durch äußere Einflüsse zugenommen haben.
Die 4. Gruppe ist die interessanteste. Diese Bauelemente müssen aber auch am kritischsten unter die Lupe genommen werden, bevor man sie einer neuen Verwendung zuführt. Es handelt sich dabei um solche (vom technischen Detail abgesehen) „zeitlosen" Teile wie Lautsprecher, Übertrager, Drehkondensatoren, Potentiometer, bestimmte Spulen, Widerstände, Keramikkondensatoren u. ä. Auch das Gehäuse (modische Erwägungen bleiben unberücksichtigt) gehört dazu. Für unsere Vorhaben dürfte es sogar mit zu den wesentlichsten Teilen neben Lautsprecher (auf den es akustisch abgestimmt wurde) und Transformator zählen.
Auf diese Weise verfügt man ja bereits über ein Behältnis, das zwar nicht der aktuellen Gestaltungslinie entspricht, das man dafür aber auch nicht erst mühsam selbst herstellen muß. Manchmal wird es allerdings für heutige Maßstäbe etwas zu groß sein. In engen, kleinen Wohnungen gibt es bestimmt Unterbringungsschwierigkeiten. Aber wann und wo kommt sein Einsatz unter heutigen Verhältnissen überhaupt in Frage?

3.1. Zum Sinn der „Verjüngung" alter Empfänger

Für den, der sich mit einem solchen Umbau beschäftigt, wird im Vordergrund sicherlich das Vorhaben selbst stehen und ihn, wenn er sich gern technisch betätigt, reizen. Zur täglichen Nutzung des Ergebnisses aber gibt es viele Möglichkeiten, wo immer der erforderliche Platz vorhanden ist und wo ein Bedürfnis nach Information und Unterhaltung besteht. Dabei bedenke man auch, daß ein röhrenloses Gerät (und das ist ja unser Ziel!) eine so geringe Eigenerwärmung zeigt, daß man das Gehäuse z. B. in eine Schrankwand „integrieren" kann, ohne daß Lüftungsprobleme entstehen. In dieser Hinsicht und überhaupt bezüglich einer veränderten Oberfläche bietet sich daher jedem, der gern Holzarbeiten ausführt, ein zusätzliches Betätigungsfeld. Andererseits können junge Leute, die mit einer älteren Wohnungseinrichtung beginnen müssen, ein diesen Möbeln angepaßtes Altgerät innerlich modernisieren, so daß es in den Gesamtrahmen paßt.
Bei den möglichen Einsatzfällen sollte man schließlich auch jene nicht vergessen, die sich trotz der Röhrenbeschaffungsprobleme von ihrem alten Gerät auch heute noch nicht trennen können. Gemeint sind ältere Menschen, die nicht mehr im Arbeitsprozeß stehen und denen daher ein solches billig „verjüngtes" Gerät sicherlich wieder viel Freude bereiten würde – eine dankbare Aufgabe für Schülerarbeitsgemeinschaften im Wohngebiet! Es soll nicht verschwiegen werden, daß das Thema des vorliegenden Bauplans aus einer solchen Anregung heraus entwickelt worden ist.
Wenden wir uns nun zunächst dem zu, was in einem solchen Altgerät zu finden ist.

3.2. Schaltungstechnik – ein kurzer Überblick

Bereits eingangs wurde abgegrenzt, welche Geräte sinnvollerweise zum Umbau empfohlen werden können: „Ganz alte" sind vom technisch-historischen Standpunkt aus zu schade, für relativ neue dagegen erhält man z. B. im allgemeinen noch die Röhren – sie hebe man für einen späteren Zeitpunkt auf. Das trifft vor allem auf Geräte mit UKW-Teil zu. (Die seit langem unzulässigen Pendler bzw. die ersten Flankendemodulatoren minderer Qualität zählen allerdings schon zu den umbauwürdigen Altgeräten!) Einen UKW-Empfänger mit Transistoren aufzubauen erfordert schon umfangreichere Sachkenntnis, daher soll diese Aufgabe im vorliegenden Bauplan ausgeklammert bleiben.
Voraussetzung für die Möglichkeit des billigen Netzbetriebs ist ein Schutztransformator. Darauf wird später noch näher eingegangen. Zusammen mit Gehäuse und Lautsprecher rechnet der Transformator zu den wichtigsten (weil teuersten) Teilen, von denen aus gesehen ein solcher Umbau lohnt. Fehlt er, dann haben wir einen sogenannten Allstromempfänger vor uns. Das läßt sich außerdem oft schon aus der Röhrenbestückung erkennen: 1. Buchstabe der Röhren-Typenbezeichnung ist dann ein U oder früher ein V; K oder D deutet auf reinen Batteriebetrieb hin. Für den Umbau eines solchen Geräts auf Transistoren müßte man entweder einen Transformator beschaffen, oder (einfacher) man geht auf reinen Batteriebetrieb über. Gehäuse, Lautsprecher (allerdings sind elektrodynamische Lautsprecher für Batteriegeräte ungeeignet) und je nach Gesamtkonzeption auch Drehkondensator und Skalenantrieb lohnen ein solches Vorhaben meist noch immer, besonders dann, wenn die angesprochenen Gründe eine Rolle spielen.
Unabhängig von der Art der Röhrenheizung ist die eigentliche Schaltungstechnik. Sie durchlief, zunächst hintereinander und später teilweise parallel, die folgenden Entwicklungsphasen: Kristalldetektor – Röhrengleichrichter – rückgekoppeltes Audion – Mehrkreis-Geradeausempfänger – Überlagerungsempfänger („Super"). Entsprechende Fortschritte der Röhrentechnik gestatten sowohl die Vervollkommnung der HF- wie auch der NF-Seite. Hochfrequenzseitig ergab sich mit Einführung der Pulvereisenkernspulen bei den passiven Bauelementen ein wesentlicher Qualitätssprung bei gleichzeitiger drastischer Verringerung der Dimensionen.
Auf der NF-Seite verlief die Entwicklung von der ersten mechanischen Kopplung einer Hörerkapsel mit einem Grammofontrichter sehr rasch zu den einzelnen Lautsprechersystemen unterschiedlicher Klangqualität: „Freischwinger", elektrodynamischer und permanentdynamischer Lautsprecher (Bild 1).
Obgleich ein moderner Rundfunkempfänger kaum noch eine äußerliche Ähnlichkeit mit seinen „Urahnen" zeigt, bestehen dennoch viele Gemeinsamkeiten. Sie liegen in den Grundprinzipien:

Aufnahme der amplituden- bzw. (bei UKW) frequenzmodulierten hochfrequenten Schwingungen des gewünschten Senders in einem abstimmbaren Filter (Einzelschwingkreis, 2 oder mehr HF-Kreise, je nach Aufwand), gegebenenfalls HF-Vorverstärkung, im Überlagerungsempfänger Zusatz einer Hilfsfrequenz in einer Mischstufe, Abstimmung auf die entstehende Zwischenfrequenz (Trennung von allen unerwünschten Frequenzen), Verstärkung im festabgestimmten ZF-Verstärker, anschließend in jedem Fall Demodulation, d.h. Trennung der niederfrequenten Modulation (Musik, Sprache) vom HF-Träger, NF-Verstärkung, Wiedergabe über Lautsprecher bzw. Kopfhörer (Bild 2).
Bereits Empfänger der 30er Jahre dürften nur noch selten aufzutreiben sein. Die billigsten dieser Modelle enthalten einen Freischwinger-Lautsprecher. Trotz seines relativ hohen Spulenwiderstands in der Größenordnung einiger Kiloohm eignet er sich für Transistorendstufen bei geringeren Qualitäts- und Leistungsansprüchen, denn er hat einen relativ guten Wirkungsgrad. Er ist wegen seines hohen Widerstands z.B. an Transistorverstärker anschließbar, die eigentlich für hochohmige Kopfhörer ausgelegt wurden. Je höher die Betriebsspannung, um so größer wird dabei die für den Lautsprecher verfügbare Leistung; Ein Anpassungstransformator „von unten nach oben" (also entgegen dem gewohnten Sinne) lohnt dagegen nicht.
Die ersten Modelle im Audion waren noch mit der REN 904 bestückt, die einen Stiftsockel hatte; später folgte in dieser Stufe die AF 7, ebenfalls mit 4-V-Heizung, aber obenliegendem Gitteranschluß. Es handelte sich bereits um eine Pentode, im Unterschied zur Triode REN 904. Dieser AF 7 und den anderen Vertretern ihrer „Typenfamilie" mit Außenkontaktsockel begegnet man in sehr alten Supermodellen, die in den 30er Jahren entstanden. Besonders die recht leistungsfähige Endröhre AL4 hat sich lange halten können. Mit der Entwicklung der „Stahlröhren", die dann auch in metallisierten Glaskolben geliefert wurden, begann die nächste Empfängergeneration: ECH 11, EBF 11 und ECL 11 oder EL 11 bildeten die Bestückung des weitverbreiteten 6-Kreis-Supers der 40er und teilweise auch noch der 50er Jahre. Diese Röhren wiesen (aufbaubedingt) u.a. günstigere HF-Eigenschaften auf und brachten auch konstruktive Vorteile. Der 3/5-Stiftsockel kam dem Einbau von 2 Röhrensystemen entgegen.
Nach 1945, als Originalröhrenersatz problematisch wurde, begann die große Zeit des „Umsockelns". Große Mengen an Miniaturröhren aus den Beständen der faschistischen Wehrmacht wurden dabei in den abenteuerlichsten Kombinationen eingesetzt. Mit dem Neuaufbau unserer Bauelementeindustrie standen dann aber neben den zunächst wieder gefertigten „11er"-Röhren bald auch moderne Allglastypen der 80er-Reihe (gleich denen der 11er im Fall von „E" als 1. Buchstaben mit 6,3 V Heizung), deren jüngste Vertreter auch heute noch eingesetzt werden. Sie waren auch eine wichtige Voraussetzung für die Produktion von Fernsehempfängern, sieht man von den ausländischen Typen, etwa aus der Familie der berühmten 6AC7, ab (ebenfalls 6,3 V Heizung), die eine gewisse Zeitlang auch in unseren Röhrenwerken gefertigt wurden.
Mit dem langsamen Abnehmen des Einsatzes von Röhren rücken aber heute bereits ältere Empfänger, die mit den ersten 80er-Röhren bestückt wurden, in den Interessenkreis unseres Bauplanvorhabens. Schaut man auf diese Entwicklung zurück, so stellt man fest, daß sich eigentlich bezüglich der Empfangsprinzipien nicht allzuviel geändert hat, abgesehen vom frequenzmodulierten Rundfunk auf UKW einschließlich des durch ihn erleichterten Stereorundfunks. Mit seiner speziellen, störfesteren Modulationsart erforderte der UKW-Empfang einige zusätzliche Schaltungsteile und zwang zu einer Qualitätssteigerung bzw. Weiterentwicklung der benötigten Bauelemente.
Weitere Spezialschaltungen brachten die Ablösung altbewährter Bauelemente durch zweckmäßigere neue Prinzipien, zu denen z.B. die Abstimmung mit Hilfe von Kapazitätsdioden bei höheren Frequenzen zählt. Doch das gehört eigentlich schon in die dann bereits angebrochene Transistorära.
Erst in jüngster Zeit, erzwungen durch die Besonderheiten der integrierten Schaltungstechnik, beginnen sich im Rundfunk- und Fernsehempfänger Prinzipien abzuzeichnen, die nun wirklich nichts mehr mit Opas „Dampfradio" zu tun haben, ausgenommen der (dann allerdings ebenfalls integrierte) NF-Teil. Aus dieser Entwicklung stammen Begriffe wie „aktive RC-Filterschaltungen" und „Zähldiskriminatoren".
Den Anwender interessiert letztlich aber nur das äußere Ergebnis, und dafür dürfte das Vorhaben dieses Bauplans in der Gegenwart für manchen, dem „aktive Rundfunktechnik" (also nicht das Hören, sondern die Schaffung der Voraussetzungen dazu) Vergnügen bereitet, gerade

das Richtige sein. Die bisherigen, etwas ausführlicheren allgemeinen Erläuterungen sollten dabei einen Beitrag zum Verständnis der Zusammenhänge liefern. Wenden wir uns aber nun den konkreten Arbeiten am Objekt zu.

4. Wo fängt man an?

Es sei vorausgesetzt, daß die Leser dieses Bauplans noch keine allzu großen Vorkenntnisse haben. Sie sollten aber zumindest schon etwas mit Transistoren und anderen elektronischen Bauelementen vertraut sein. Wem auch diese Fertigkeiten fehlen, der informiere sich zunächst in der Anfängerliteratur, von der am Ende dieses Bauplans einiges zusammengestellt worden ist, und er sollte auch einiges daraus nachbauen.

4.1. Transformator und Netzanschluß

Zu den meist fehlenden Kenntnissen zählen die über Sicherheitsbestimmungen. Dafür gibt es aber Fachleute, an die man sich wenden kann. Im günstigsten Fall ist das der Arbeitsgemeinschaftsleiter. Man stelle daher das für den Umbau vorgesehene Modell, sofern es einen Netztransformator enthält und auch weiterhin am Lichtnetz betrieben werden soll, zunächst einem Sachkundigen vor. Er entscheidet über „Ja" oder „Nein" und sollte bei „Ja" möglichst auch die erforderlichen Veränderungen im Netzanschlußkreis selbst vornehmen. Im einzelnen bedeutet das:
– Überprüfen und gegebenenfalls Auswechseln der Netzanschlußschnur. Sie bestand früher meist aus gewebeisolierter Gummischnur, die im Laufe der Jahre brüchig geworden ist, so daß man sie unbedingt durch eine moderne Netzleitung mit anvulkanisiertem Stecker ersetzen sollte.
– Überprüfen und gegebenenfalls Verändern des Primärkreises Netzleitung – Schalter – Sicherung – Transformator. Sämtliche bisher berührbaren und spannungführenden Teile dieses Kreises sind zuverlässig zu isolieren; die nötigen Sicherheitsabstände (Richtwert: wenigstens 5 mm Luftstrecke) sind einzuhalten. Idealfall: Der gesamte Netzstromkreis einschließlich des Transformators befindet sich dann in einem geschlossenen Isoliergehäuse, das entsprechend der noch zu erwartenden (relativ geringen) Wärmeentwicklung zu belüften ist. Der Schutz muß auch gewährleistet sein, wenn man höhere Luftfeuchte als in Wohnräumen erwarten kann – Holz kommt dann also nicht in Frage. Mögliche Materialien sind Hartpapier und genügend dickes PVC. Sofern vollständiges Kapseln des Transformators aus konstruktiven Gründen ausscheidet, ist der zuverlässigen Isolation der Anschlußklemmen größte Sorgfalt zu widmen. Das schließt auch die sekundären Wicklungen ein, denn außer der Heizwicklung trägt der Transformator noch 1 oder gar 2 Anodenspannungswicklungen. Am besten dürfte es sein, ihre Anschlüsse von den Lötösen abzulöten und mit überstehendem Isolierschlauch zu schützen, den man außerdem umbiegt und mit Isolierband festlegt. Man bedenke, daß ja beim Umbau das Gerät im eingeschalteten Zustand geöffnet ist! Für die experimentelle Phase beim Umbau des Geräts sind in jedem Fall alle spannungführenden Teile über 65 V zu verkleiden, so daß ein zufälliges Berühren ausgeschlossen ist. Es muß ein Transformator mit voneinander galvanisch getrennten Sekundär- und Primärwicklungen eingesetzt werden. Die Kombination von Lautstärkepotentiometer und Netzschalter ist für die Transistorschaltung problematisch, da dann auch diese Punkte berührbar bleiben. Man verwende daher jetzt einen Kipphebelschalter und lege ihn mit in den Schutzkreis (bzw. man benutzt vom Potentiometer nur noch dann den Schalter, wenn er ebenfalls voll isoliert werden kann!). Die Verbindungen zwischen eventuell räumlich getrennten Teilen des Netzstromkreises, wie das z.B. bei der Verwendung des Potentiometerschalters vorkommen kann, stellt man mit Lüsterklemmenleisten her, deren spannungführende Teile unzugänglich bleiben müssen. In diesem Sinne sind Kipphebelschalter mit Schraubanschlüssen gut geeignet.
– Überprüfen des Transformators selbst. Diesen Arbeitsgang führt man bei sehr alten Modellen am besten als ersten durch. Auf jeden Fall muß einwandfreie, spannungssichere Trennung der Netzwicklung von der für unsere Zwecke nur noch benötigten Heizwicklung gewährleistet sein. „Spartransformatoren" scheiden also aus, da bei diesen eine galvanische Verbindung von Primär- und Sekundärseite vorliegt (wenn das auch bezüglich der Heizwicklung nur sehr selten

vorkommen dürfte). Auf jeden Fall bedenke man, daß der Transformator mindestens für die Dauer des Umbaus nicht mehr als Einbautransformator, sondern im strengeren Sinne als Schutztransformator fungiert, dessen Sekundärkreis berührbar ist. Sollte der Transformator vom Fachmann als unbrauchbar für den Zweck des Bauplans angesehen werden, so sehe man von Netzbetrieb ab. Bei kleineren Ausgangsleistungen lohnt sich immer noch der Einbau eines geräumigen Batteriebehälters für Monozellen.

– Feststellen der für die Stromversorgung der neuen Schaltung in Frage kommenden Niederspannungswicklung. Das wird im allgemeinen die Heizwicklung sein. Die getrennte Wicklung für die Heizung der Gleichrichterröhre kommt als weitere Möglichkeit hinzu, sofern sie nicht mit der stillgelegten Anodenspannungswicklung in Verbindung steht. Man kann in Geräten mit A-Röhrenbestückung und in den noch älteren Typen (etwa den mit REN o. ä. beginnenden Bezeichnungen) mit 4 V effektiver Wechselspannung an der Heizwicklung und bei E-Röhren mit 6,3 V rechnen. Im Durchschnitt sind diese Wicklungen für etwa 2 A ausgelegt. Belastet man sie mit einem geringeren Strom, so stellt sich eine typenabhängig höhere tatsächliche Spannung ein, weil dann am Transformator-Innenwiderstand weniger verlorengeht. Gleichrichten von z. B. $U_{eff} = 4$ V in einer Gleichrichterschaltung mit Ladekondensator ergibt (vernachlässigt man die Schleusenspannung des Gleichrichters) ohne Belastung eine Gleichspannung von $\sqrt{2} \cdot U_{eff} \approx 5{,}6$ V. 6,3 V Wechselspannung liefern demnach 8,8 V Gleichspannung. Bei Belastung geht diese Spannung entsprechend dem begrenzten Speichervermögen des Kondensators und der „Nachladefähigkeit", von Transformator- und Gleichrichterinnenwiderstand bestimmt, zurück, wobei am Kondensator eine Welligkeit entsteht, die nicht sinusförmig ist, sondern in ihrem Verlauf von e-Funktionen bestimmt wird. Dennoch rechnet man sie bei der Dimensionierung von Gleichrichterschaltungen auf Effektivwerte um und gelangt damit zu der in Bild 3 angegebenen Faustformel für die entstehende Brummspannung, die aber nur bei relativ kleinen, praktisch vorkommenden Welligkeiten zutrifft. Näheres findet man darüber z. B. auch im Originalbauplan Nr. 12. Nach Klärung dieser Fragen untersucht man die übrigen Bauelemente, die für den Umbau in Betracht kommen.

4.2. Lautsprecher

Abgesehen von Spezialgeräten mit eisenloser Endstufe und Lautsprecherwiderständen von einigen hundert Ohm findet man zwischen Endröhre und Lautsprecher (außer beim „Freischwinger") einen Ausgangstransformator. Sein Übersetzungsverhältnis liegt so, daß primär meist in der Größenordnung von 7 kΩ Wechselstromwiderstand erscheint, wenn der Transformator sekundär mit der Schwingspule des Lautsprechers (einige Ohm) abgeschlossen wird. Damit liegt der Fall bezüglich Anpassung an Transistorschaltungen nicht wesentlich anders als im oben skizzierten Fall des Freischwingers. Als Faustregel zur Feststellung der sogenannten Impedanz der Lautsprecherspule gilt $1{,}25 \cdot R$, wobei R den mit einem Ohmmeter feststellbaren Gleichstromwiderstand der Spule bedeutet. Für die Ausgangsleistung des Empfängers gilt (wenn man die Verluste im Übertrager vernachlässigt) $P_a = U_{a\,eff} \cdot I_{a\,eff}$ oder mit dem übersetzten Lautsprecherwiderstand $R_ü = ü^2 \cdot R_L$ $P_a = U_{a\,eff}^2/R_ü = U_{a\,eff}^2/ü^2 \cdot R_L$. $U_{a\,eff}$ aber kann infolge der relativ hohen Anodenspannung der Röhre (z. B. 250 V) sehr hoch liegen. Dem ist der Übertrager also angepaßt. Wegen der dadurch möglichen kleinen Ströme (z. B. 50 mA Anodenstrom als schon recht hoher Wert) braucht der Ausgangstransformator auch keinen allzu kleinen ohmschen Widerstand zu haben, ohne daß an ihm unnötig viel Leistung verlorengeht. Auf Grund der obigen Gleichungen bedingt also ein bestimmter Ausgangstransformator zusammen mit dem Lautsprecher für eine bestimmte übertragbare Leistung auch eine bestimmte Anodenwechselspannung, die aber nie so groß sein kann wie die Versorgungsspannung (was uns heute nicht mehr so interessiert; jedenfalls läßt sich an den Röhrenkennlinien erkennen, daß man mit wesentlich weniger rechnen muß). Wer sich mit dieser Thematik näher befassen möchte, der lese im „abc der Niederfrequenztechnik" von K. K. Streng nach!

Unser Gerät soll jedoch mit ungefährlicher Niederspannung, d. h. mit weniger als 42 V arbeiten. Nur für kleinere Lautstärken läßt sich daher der vorhandene Übertrager unverändert verwenden. Durch einen kleinen Trick, von dem später die Rede sein soll, kann das aber jedenfalls für den Amateur von Vorteil sein.

Es genügt nun vorerst, sich von der einwandfreien Funktion des Lautsprechers zu überzeugen. Dazu legt man z.B. von der Heizwicklung des Netztransformators an die Primärseite des Ausgangsübertragers oder über einen Schutzwiderstand von etwa 22 bis 68 Ω direkt an die Lautsprecherschwingspule eine Wechselspannung. Im Lautsprecher muß dabei ein mehr oder weniger deutliches Brummen zu hören sein. Hört man dagegen fast nichts, so sollte man den Lautsprecher etwas näher in Augenschein nehmen. Trägt er gar keinen Magneten, sondern statt dessen eine große Spule in einem magnetähnlichen Eisenkörper, so hat man es mit einem elektrodynamischen Lautsprecher zu tun. Das für die einwandfreie Funktion nötige Magnetfeld, in dem sich die bei Betrieb wechselstromdurchflossene Schwingspule der Membran bewegt, kommt erst durch den Anodenstrom zustande. Abgesehen von speziellen Lautsprechern, deren Erregerspulen parallel zum Ladekondensator angeschlossen werden, bevorzugt man im allgemeinen eine Schaltung, bei der der Anodenstrom durch die Wicklung geführt wird. Sie wirkt dann gleichzeitig noch als Siebdrossel. Leider ist ihr Widerstand für die in Transistorschaltungen benötigten Spannungen noch immer zu hoch; er beträgt etwa 1,5 kΩ. Ein Anodenstrom von z.B. 50 mA ergibt eine Spannung von 75 V über der Erregerspule! Daß man dennoch mit einem solchen Lautsprecher weiterarbeiten kann, zeigt der konkrete Fall des gemäß Abschnitt 5. umgebauten Mustergeräts.

4.3. Bedienungsorgane

Der Netzschalter wurde bereits nach Abschnitt 4.1. von der übrigen Schaltung getrennt. Das Gerät enthält nun im allgemeinen 3 Bedienungsorgane: Lautstärke-, Abstimmungs- und Wellenschalterknopf (bzw. -taste). Dazu kommt meist noch eine „Tonblende". Aus konstruktiven Gründen sollte man versuchen, wenigstens die mechanischen Details zu übernehmen, also auch die Skala selbst. Inwieweit im Geräteinnern neue Bauelemente anzufügen sind bzw. welche der bisherigen man außer Lautsprecher und Transformator noch benutzen kann, das hängt vom gegebenen Gerät und vom eigenen technischen Bildungsstand ab. Das trifft hauptsächlich auf den Drehkondensator und den mit dem Wellenschalter verknüpften, auf Röhrenverhältnisse zugeschnittenen Spulensatz zu, aber auch auf das für übliche Transistorschaltungen meist im Widerstand zu hoch liegende Lautstärkepotentiometer.

4.4. Chassis

Bis zum Einsatz der gedruckten Schaltung auch in Rundfunkempfängern wurde der „elektrische Inhalt" des Geräts von einem meist aus Blech bestehenden, flachen, unten offenen Kasten getragen. Die Bauelemente befanden sich auf beiden Seiten der Chassisfläche, je nach Masse, Volumen und Lage der Anschlüsse. So findet man oben z.B. Drehkondensator, Bandfilter, Röhren, Ausgangsübertrager (der oft auch am Lautsprecher befestigt wurde), Netztransformator und Elektrolytkondensatoren. Unterhalb, teils an den Lötfahnen der obenliegenden Bauelemente bzw. ihrer Fassungen, teils an Lötösenleisten befestigt, dominieren Widerstände und Kondensatoren. Servicefreundliche Geräte wurden im Gehäuseboden mit einem verschließbaren Ausschnitt versehen, so daß man das Chassis bei Reparaturen nicht unbedingt aus dem Gehäuse nehmen mußte. Das gerade ist aber eine der Voraussetzungen für unseren Umbau. Daher ein wichtiger Ratschlag: Man merke sich vor dem Herausnehmen alle Punkte, an denen geschraubt oder gar gelötet werden muß, bevor man das Gehäuse (mit Lautsprecher) vom Chassis trennen kann, ohne daß etwas entzweigeht.
Nach gründlichem Entstauben (aber kein Wasser oder Lösungsmittel zum Reinigen benutzen!) geht man an die sinnvolle Demontage. Auch dabei empfiehlt es sich, Notizen anzulegen. Das hilft bei späteren Rückschlüssen.
Zunächst werden aber alle Röhren entfernt. (Die eine oder andere von ihnen kann vielleicht noch einem Bekannten nützen, der von seinem „alten Kasten" nicht abzubringen ist.) Unter Beachtung der Hinweise unter Abschnitt 4.1. ermittelt man danach die Lage der Transformatoranschlüsse (Heizleitungen verfolgen! Sie können 1polig am Chassis liegen). Dann folgt die Einschätzung durch einen Fachmann (z.B. den Arbeitsgemeinschaftsleiter), ob der weitere Umbau gemäß Abschnitt 4.1. zulässig ist, und dieser sorgt für die Durchführung der dort genannten Maßnahmen im Netzkreis. Nachdem aus der Verdrahtung alle eventuell notwendigen Informationen abgelesen worden sind, z.B. auch bezüglich der Anschlußpunkte und damit der Art des vielleicht vorhandenen elektrodynamischen Lautsprechers, beginnt die Demontage. Man lötet alle Drahtverbindungen und kleineren Bauelemente aus und sammelt sie in kleinen Schachteln. Spulensatz, Wellenschalter und Drehkondensator bleiben davon zunächst verschont, weil man vielleicht durch Anwendung von speziellen Schaltungen doch noch mit ihnen operieren kann. Die größte Chance in dieser Hinsicht besteht für den Anfänger beim Drehkondensator. Er wird sich allerdings außer vom Drehkondensator auch von den Spulen trennen, wenn z.B. ihre Kerne so fest sitzen, daß man mit ihnen nicht mehr viel anfangen kann. Schaltungstechnisch ist zu bedenken, daß – im Gegensatz zu unseren niederohmigen Schaltungen mit bipolaren Transistoren – Röhren eingangsseitig sozusagen „leistungslos" gesteuert werden und darum z.B. keine Anzapfungen oder Koppelwicklungen an den Schwingkreisspulen brauchen. Auch die verwendeten Kapazitäten in Bandfiltern liegen meist niedriger als in AM-Transistorgeräten. Man muß also schon eine Menge von der Theorie belasteter Schwingkreise verstehen, wenn man (z.B. mit zusätzlichen Koppelwicklungen) diese ohnehin recht voluminösen Bandfilter optimal an normale HF-Transistoren anpassen will. Ähnliche Überlegungen sind bezüglich der bei Transistoren auftretenden Rückwirkungen anzustellen, die eben durch „transistorgerechte" Filteranordnungen mit größeren Kreiskapazitäten und gegebenenfalls Neutralisationsgliedern bekämpft werden. Diese hauptsächlich für die Zwischenfrequenz angestellten Überlegungen lassen sich bedingt auch auf Eingangs- und Oszillatorkreise anwenden, wenn sich dort auch der Fortgeschrittene zutrauen kann, wegen der meist guten Zugänglichkeit einen Versuch mit Koppelwicklungen und einer Transistormischstufe durchzuführen. Das würde jedenfalls den großen Vorteil bringen, daß Drehkondensator und Spulensatz zusammenbleiben. Im Mustergerät wurde eine Zwischenlösung gewählt.

5. Umbau eines Mustergeräts

Im folgenden soll an einem aus dem Jahre 1953 stammenden Rundfunkempfänger ein möglicher Umbau praktisch durchgeführt werden. Die Anregungen lassen sich auf viele andere Typen anwenden. Als Demonstrationsobjekt stand ein Exemplar des „Olympia 522 WU" (damaliger VEB Sachsenwerk Niedersedlitz) – Bild 4 – zur Verfügung. Sein Schaltbild war nicht vorhanden; es hätte sich allerdings eventuell in einer Reparaturwerkstatt beschaffen lassen. In der „Deutschen Funktechnik", dem Vorläufer der heutigen Zeitschrift „radio – fernsehen – elektronik", fand sich jedoch im Heft 8/53 auf Seite 242 bis 243 eine vollständige Beschreibung des „Grundtyps" 522 WM (Bild 5). Ein Vergleich zeigte, daß im „U"-Modell mit Hilfe einer zusätzlichen Röhre (EF 14) ein relativ unvollkommener UKW-Teil eingebaut worden war; dafür entfiel die Abstimmanzeigeröhre. Es war also zumindest möglich, sich über den für den Umbau in Frage kommenden Mittelwellenteil zu orientieren. Gleichzeitig zwingt eine solche nur „in etwa" zutreffende Unterlage, sich mit dem vorhandenen Modell etwas gründlicher auseinanderzusetzen, was dem Verständnis nur dienlich sein kann.

5.1. Grundkonzeption der Schaltung gemäß Bild 6

Läßt man den für den Bauplan nicht interessierenden UKW-Teil (den der Grundtyp auch gar nicht enthält) aus den Betrachtungen heraus, so handelt es sich um einen typischen 6-Kreis-Super: Das (linke) Hexodensystem der ECH 11 erhält über sein Steuergitter (Gitter 1) aus dem abgestimmten Eingangskreis in den Bereichen Kurz-, Mittel- und Langwelle das Sendersignal und mischt es mit der im Gleichlauf abgestimmten Oszillatorkreisspannung. Da der Kapazitätsbereich beider Drehkondensatorpakete gleich ist, während die Frequenzvariation für den Eingangskreis bei Mittelwelle etwa 1:3, für den Oszillator (da er um 468 kHz über der Eingangsfrequenz schwingen muß, und das über den ganzen Bereich!) aber nur etwa 1:2 beträgt, enthält die Schaltung einige Gleichlaufmaßnahmen in Form von Serien- und Parallelkondensatoren. In modernen Geräten wird der Drehkondensator dagegen meist schon mit 2 unterschiedlichen

Paketen ausgerüstet. Während man mit der „alten" Methode nur an 3 Skalenpunkten exakten Gleichlauf erzielen konnte und die Abweichungen im Durchlaßbereich der Zwischenfrequenz liegen mußten, gelingt auf diese Weise ein durchgehender Gleichlauf. Die beiden gleichen Pakete hatten allerdings den Vorzug, daß man z. B. auch die gesamte Kurzwelle mit einem Bereich erfassen konnte. Dies kann andererseits wieder nur in Verbindung mit einem Skalenantrieb großer Übersetzung und guter Wiederkehrgenauigkeit als Vorteil gewertet werden. Jedenfalls unterstreichen diese kurzen Erläuterungen die Empfehlung, daß man am Spulensatz zunächst möglichst keine Veränderung vornehmen sollte.
Nun wieder zurück zum „Signalweg". Die Oszillatorschwingung entsteht im Triodenteil der ECH 11 und wird intern von ihrem Steuergitter auf Gitter 3 des Hexodenteils geführt. In der Mischröhre bildet sich u. a. die gewünschte Differenzfrequenz zwischen Oszillator- und Eingangsfrequenz. In ihr ist die Modulation des empfangenen Senders voll enthalten. Das im Anodenkreis der ECH 11 liegende Bandfilter siebt diese gewünschte „Zwischenfrequenz" (bei Röhrenempfängern meist 468 kHz, eine von Sendern freigehaltene Frequenz) aus und führt sie dem Gitter 1 der ZF-Verstärkerröhre EBF 11 (Pentodenteil) zu. Weder Eingangs- noch ZF-Kreisauskopplung bedarf infolge des hohen Eingangswiderstands der Elektronenröhren einer Anpassungsmaßnahme. Das unterscheidet die Auslegung solcher Röhrenschaltungen von Konzeptionen mit Transistoren des bisher meistverwendeten „bipolaren" Leitungsmechanismus. Erst mit Feldeffekttransistoren sind wieder röhrenähnliche Ankopplungen möglich.
Im rechts liegenden Diodensystem der EBF 11 erfolgt die Trennung der niederfrequenten Sendermodulation (Sprache, Musik) vom HF-Träger. Die Zeitkonstante der zu diesem Demodulator gehörenden RC-Kombination ist so ausgelegt, daß die HF praktisch kurzgeschlossen wird, während sich die Ladespannung des Kondensators nach dem Augenblickswert der Niederfrequenzschwingung einstellt. Man kann an ihm also die NF zur weiteren Verstärkung in der Verbundröhre ECL 11 abnehmen, und zwar in der Amplitude einstellbar durch das Lautstärkepotentiometer. Ein 2. Potentiometer dient innerhalb eines Klangkorrekturnetzwerks der Anpassung des Frequenzgangs an die Wünsche des Hörers (Bild 7). Beide Potentiometer bilden eine Kombination, die man mit einem Doppelknopf betätigt. Außerdem trägt dieses Doppelpotentiometer den Netzschalter (Drehschalter).
Die Niederfrequenzspannung gelangt über einen am Lautsprecher befestigten Ausgangstransformator zur Schwingspule des Lautsprechers. Im vorliegenden Schaltbild wird die im rechten Diodensystem entstehende Spannung außerdem noch der Abstimmanzeigeröhre EM 11 zugeführt, an deren Leuchtsektoren man die Abstimmung auf maximale Senderspannung erkennt. Das linke Diodensystem der EBF 11 erhält die ZF-Spannung über einen Koppelkondensator von der Anode. Dadurch ist es möglich, eine von der Senderspannung abhängige Regelspannung bereitzustellen, mit der die Verstärkung von ECH 11 und EBF 11 automatisch geregelt wird. Deshalb können sich u. a. Feldstärkeschwankungen innerhalb eines relativ großen Bereichs nicht in der Lautstärke auswirken. Eine solche Regelung setzt entsprechende Kennlinien der Röhren voraus: Die Verstärkung muß mit wachsender negativer Gitterspannung auch entsprechend kleiner werden. Moderne Transistorgeräte enthalten Regeltransistoren, die sich ähnlich verhalten. Es gibt z. B. Siliziumtransistoren, deren Verstärkung besonders stark abnimmt, wenn man ihren Kollektorstrom erhöht. (Im Gegensatz zur eben beschriebenen „Abwärtsregelung" durch steigende negative Spannung, also auch sinkenden Anodenstrom in der Röhre, nennt man dies „Aufwärtsregelung".)
Der vorgestellte Empfänger wird über einen Schutztransformator an das Lichtnetz angeschlossen. Dabei sind Spannungen zwischen 110 V und 240 V zulässig; am Spannungswähler wird der gegebene Wert eingestellt. Da es heute überwiegend 220-V-Netze gibt, kann man auf diesen Wähler verzichten.
Die Gleichrichtung der Anodenspannung von etwa 330 V am Ladekondensator übernimmt eine AZ 11 mit 4 V Heizspannung. Die anderen Röhren erhalten die für sie erforderlichen 6,3 V aus einer 2. Heizwicklung, an der auch die Skalenlampen liegen. Da die AZ 11 2 Gleichrichtersysteme enthält, besteht die Anodenspannungswicklung aus 2 gleichen Wicklungen, von denen jede zu einer der beiden Anoden führt. Es entsteht eine gleichgerichtete Spannung mit einem Brummanteil der doppelten Netzfrequenz, der sich mit kleineren Kondensatoren aussieben läßt als bei einer Einweggleichrichtung. Zwischen Lade- und Siebkondensator liegt die Feldspule des elektrodynamischen Lautsprechers, die zusammen mit dem ihr parallelliegenden Kondensator als

Sperrkreis für die doppelte Netzfrequenz wirkt; das ergibt eine sehr gute Brummunterdrückung. Die Schaltungsmaßnahme auf der Minusseite der beiden Kondensatoren stellt die für die Endröhre erforderliche Gittervorspannung „halbautomatisch" her, da ein Katodenwiderstand infolge der auch zum Triodenteil der Verbundröhre gehörenden gemeinsamen Katode nicht möglich ist. Diese Schaltungsmaßnahme nennt sich „halbautomatische Gittervorspannung"; die Vorspannung resultiert aus dem Anodenstrom des Gesamtgeräts.
Aus den Angaben 330 V vor und 235 V hinter der Feldspule sowie dem Stromwert 58 mA errechnet man etwa 1,6 kΩ Feldspulenwiderstand. Dabei stehen etwa 95 V über der Wicklung. Eine so hohe Spannung kann allerdings in der neuen Schaltung aus Sicherheitsgründen nicht vorgesehen werden, denn in einem transistorisierten Gerät vermutet niemand solche Werte.

5.2. Folgerungen aus den vorliegenden Informationen

Nach Herstellerangaben handelt es sich um ein bezüglich Klangqualität (im Rahmen des bei Mittelwelle Möglichen) günstig ausgelegtes Gerät, so daß Lautsprecher und Gehäuse, als Einheit gesehen, auch bei Transistorbestückung gute Eigenschaften erwarten lassen. Die Klangreglerkurven enden bei 10 kHz, da dieser Grundtyp noch nicht „UKW-tüchtig" sein mußte. Offensichtlich fällt die Kurve danach aber noch nicht steil ab.
Folgerung 1: Es lohnt sich, den Lautsprecher (möglichst in seinem bisherigen Gehäuse) wiederzuverwenden. Allerdings hängt der erreichbare Frequenzgang auch von der neuen Schaltung ab. Die Feldspule des Lautsprechers hat einen relativ hohen Widerstand.
Folgerung 2: Es muß untersucht werden, bei welcher Mindestspannung der Lautsprecher noch befriedigend arbeitet und wie man diese Spannung bereitstellen kann. (Diese Problematik entfällt, wenn das Umbaugerät bereits einen permanentdynamischen Lautsprecher enthält.) Im Netzteil stehen 2 von der Netzspannung und von anderen Wicklungen mit höherer Spannung getrennte Niederspannungswicklungen zur Verfügung (4 V und 6,3 V).
Folgerung 3: Die Spannungen der neuen Schaltung müssen aus 4 V, 6,3 V oder 10,3 V Wechselspannung (50 Hz) gewonnen werden. Alle nicht mehr benötigten Leitungen des Transformators sind von den bisherigen Schaltungspunkten zu trennen und zuverlässig zu isolieren (Isolierband über Isolierschlauch in mehreren Lagen), so daß sie nicht mehr versehentlich berührt oder ihre Isolationen beschädigt werden können. Das trifft auch auf die Anzapfungen der Netzseite zu. Die 220-V-Anschlüsse fängt man mit einer Lüsterklemmenleiste ab, die z. B. am Transformator befestigt wird. Sind die Drähte zu kurz, so muß man sie mit spannungsfest isolierter Litze verlängern und die Verbindungsstellen ebenfalls isolieren.
Für die Sicherung besorgt man sich eine gekapselte Schraubhalterung, die in einem der frei werdenden Löcher im Chassis befestigt wird und deren Anschlüsse ebenfalls gut isoliert werden müssen. Bei diesen Arbeiten denke man stets daran, daß das Gerät zwar anschließend wieder im Gehäuse betrieben wird, daß aber für die Dauer des Umbaus solche Punkte große Gefahrenquellen sind! In gleicher Weise wie mit den Anschlüssen des Sicherungshalters verfährt man mit dem Netzschalter des Potentiometers, wenn man nicht einen getrennten Kipphebelschalter, z. B. ein Exemplar mit tiefliegenden Schraubanschlüssen, verwendet. Bild 8 faßt die Maßnahmen im Netzkreis zusammen. Auf diese Weise erhält man einen vollisolierten Netzeingangskreis bis hin zur neuen Netzleitung mit anvulkanisiertem Stecker, die gleichfalls zur Lüsterklemmenleiste geführt und vorher im Gerät durch eine Schelle zugentlastet wird. (Eine solche Schelle ist meist schon vorhanden.) Auf der Rückwand des Geräts muß sich unbedingt der Hinweis „Vor Öffnen der Rückwand Netzstecker ziehen" befinden.
Aus der Tatsache, daß im Mustergerät gegenüber der Vergleichsschaltung statt des 2. Kurzwellenbereichs ein UKW-Teil eingebaut wurde, ergibt sich Folgerung 4: In Spulensatz und Wellenschalter sind von der vorliegenden Schaltung abweichende Einzelheiten zu erwarten, die man bei Wiederverwendung dieser Baueinheit kennen muß. Da der Spulensatz zur Säuberung der Oberseite und der Schalterkontakte ohnehin herausgenommen werden sollte, notiere man sich bei dieser Gelegenheit die für den Umbau notwendigen Einzelheiten (Lage der Anschlüsse, Schließfolge des Schalters usw.).

5.3. Einfacher Demodulator

Für die weiteren Arbeiten nach „Beräumen" des Altgeräts, Anlegen der Notizen und Sichern des Netzkreises benötigt man eine NF-Signalquelle. Sie läßt sich einfach aus dem Gerät selbst gewinnen, wenn Spulensatz und Drehkondensator zusammengeblieben sind. Am bisherigen Anschluß für Gitter 1 des Hexodenteils der ECH 11 steht auf jeden Fall gegen Masse ein HF-Signal zur Verfügung, wenn das Gerät auf den Mittelwellen-Ortssender abgestimmt wird. Seine Frequenz ist ja bekannt, und die Skala des Empfängers steht nach wie vor zur Verfügung. An den Antenneneingang muß man dabei eine den örtlichen Bedingungen (Senderentfernung und -leistung) genügende Antenne anschließen. Masseseitig reicht meist schon die Kopplung mit dem Lichtnetz über die Eigenkapazität des Netztransformators. Oft kommt man daher bereits mit einer in die Antennenbuchse eingeführten Erdleitung aus!
Gemäß Bild 9 wird nun der Schwingkreis mit einer aus 2 Dioden, 1 Kondensator und einem hochohmigen Kopfhörer bestehenden Demodulatorschaltung verbunden. Jetzt muß der Ortssender, wenn auch nur leise, zu hören sein. Es fällt auf, daß das innerhalb eines relativ breiten Abstimmbereichs möglich ist. Schuld daran ist die Demodulatorschaltung selbst, die durch den Energieentzug den Schwingkreis stark bedämpft. Dadurch wird die Resonanzkurve des Kreises (d. h. der Verlauf der Resonanzspannung über der Eingangsfrequenz) flacher und breiter. Ein „unendlich guter" Schwingkreis würde alle Frequenzen außer der einen, auf die er mit $|\omega L| = 1/|\omega C|$ abgestimmt ist, kurzschließen. Da aber dann nur der Träger des Senders, nicht aber seine in den Seitenbändern $f_h - f_{n\,max}$ bis $f_h + f_{n\,max}$ steckende Modulation am Schwingkreis übrigbleiben würde, ist eine endliche Bandbreite sogar notwendig. Die Bedämpfung des Kreises durch die Verluste seiner Bauelemente wird durch einen Ersatzwiderstand ausgedrückt, den man Resonanzwiderstand nennt. Jeder von außen hinzukommende Widerstand verringert ihn. Man kann aber den Lastwiderstand durch eine Koppelwicklung auf einen höheren Wert in den Kreis hineintransformieren. Die größte Energie wird dann an den Lastwiderstand abgegeben, wenn sein transformierter Wert gleich dem Resonanzwiderstand ist. Diesen Fall kann man aber nur realisieren, wenn dabei nicht die Bandbreite größer als gewünscht wird. Übrigens wächst der transformierte Widerstand quadratisch mit dem Übersetzungsverhältnis: Bei 100 Wdg. der Kreisspule und einer Koppelwicklung mit 10 Wdg. wird der Lastwiderstand mit $1:10^2 = 100$ als Faktor in den Kreis transformiert. Ist die Schaltung soweit in Ordnung, daß man den Ortssender tatsächlich hört (ggf. über die kleine Hilfsschaltung nach Bild 9b verstärkt, falls der Empfang sonst zu leise ist), so steht damit auch ein Signal für den neuen NF-Teil zur Verfügung. Statt mit dem Kopfhörer schließt man den Demodulator jetzt mit einem Widerstand ab (Bereich etwa 10 bis 47 kΩ; je größer R, um so kleiner C wählen wegen der Höhenwiedergabe; nach oben hin ist R durch die nachfolgende Schaltung begrenzt) und wendet sich den anderen Baustufen zu. Praktisch kann dieser Schaltungsteil meist auf dem Spulensatz untergebracht werden. Im Mustergerät wurde der NF-Ausgang des Demodulators mit der Schirmleitung verbunden, die zum Tonabnehmerkontakt des Wellenschalters führt. Über diese Leitung gelangt das Signal zum Lautstärkepotentiometer. An seinem Schleifer kann man es für den NF-Verstärker abnehmen.

5.4. Stromversorgung

An diesem Punkt angelangt, braucht man nun für das Gerät die neue Stromversorgungsschaltung. Auf Grund des elektrodynamischen Lautsprechers, der verfügbaren Spannungen und der Forderung, unterhalb von 42 V zu bleiben, fiel die Wahl auf die „bauelementesparsame" Verdopplerschaltung gemäß Bild 10. Die beiden Wicklungen werden also in Serie geschaltet. Ob man dabei die richtigen Enden verbunden hat, läßt sich leicht mit einer 12-V-Lampe überprüfen.
Die Funktion der gewählten Verdopplerschaltung versteht man am besten, wenn man in 2 Schritten die Wicklung als Batterie zunächst negativer und danach positiver Spannung gegen Masse betrachtet. In der 1. Halbwelle lädt sich C1 über D1; danach (in der 2. Halbwelle) liegen Wicklungsspannung und die Spannung von C1 in Serie über D2 an C2. Dieser lädt sich also auf nahezu $2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{eff}$, also auf etwa 30 V (C1 – im Bild nicht bezeichnet – ist 500/25, C2 hat 500/50). Bei Belastung entsteht am Ausgang eine „Welligkeit" infolge des zwar laufenden Ent- aber nur

periodischen Nachladens von C2. Die gewählte Verdopplerschaltung gestattet es, gegen Masse auch niedrigere Spannungen gleichzurichten. Darüber hinaus kann man aber auch gemäß Bild 11 die Feldspule massefrei betreiben und für eine Endstufe größerer Leistung, aber kleinerer Betriebsspannung einen Graetz-Gleichrichter anschließen, der bei gegebenen Kondensatoren eine geringere Welligkeit bringt: $U_{w/v} \approx 1{,}5 \cdot I/\text{mA}/C/\mu\text{F}$. Für die im Mustergerät gewählte einfache Endstufe erwies sich die schon relativ hohe Spannung am Verdoppler dagegen als sehr günstig. Die Verdopplerschaltung läßt sich leicht in der Nähe der ehemaligen Gleichrichter- und Endröhrenfassungen unterbringen. Die Lötfahnen der Fassungen und gegebenenfalls weitere noch vorhandene Lötstützpunkte genügen als „Gerüst", so daß man ohne eine Leiterplatte auskommen kann.

5.5. Endstufe und NF-Vorverstärker

Beim Mustergerät bestand der Wunsch nach möglichst geringem Aufwand für neue Teile. Das dürfte auch in vielen Fällen zutreffen, die gemäß vorliegender Bauanleitung gelöst werden sollen. Es war also wünschenswert, auch den Ausgangstransformator wieder mitzubenutzen. Das bedeutet aber nach Bild 12 (Gleichstromwiderstand der Primärwicklung vernachlässigt) bei 7 kΩ übersetztem Lautsprecherwiderstand und 30 V Betriebsspannung eine theoretische Spannungsaussteuerung zwischen 0 V und 60 V bei einer Stromaussteuerung zwischen 60/7 mA und 0 mA. Die maximal mögliche Ausgangsleistung beträgt dann allerdings nur etwa 65 mW, also etwas mehr als die früher einmal definierte „Zimmerlautstärke" (50 mW). Real erreicht man diesen Wert nicht, u. a. wegen des Gleichstromwiderstands der Primärseite (vgl. Bild 12), gestrichelte Gerade). Er verringert die Aussteuerbarkeit. Im Transistor setzen sich etwa 130 mW in Wärme um, wenn man den Arbeitspunkt einhält. Eine weitere Reduzierung der Ausgangsleistung ergibt sich durch einen Emitterwiderstand.
Würde man vom Ausgangstransformator primär $w/\sqrt{2}$ abwickeln, so ergäbe das 3,5 kΩ übersetzten Lautsprecherwiderstand, 17 mA Stromaussteuerung und die doppelte Ausgangsleistung bei ebenfalls doppelter Belastung des Transistors. Während diese Werte bezüglich Strom und Leistung von einer Reihe Transistortypen ohne weiteres erfüllt werden, fordert die Spannungsbelastung von maximal 60 V einen entsprechend spannungsfesten Typ. Bei genügend niederohmigem Abschluß von Basis gegen Emitter erfüllt diese Bedingung z. B. ein SF 128.
In den Vorstufen sind diese Gefahren wesentlich geringer, denn auf Grund der Kollektorwiderstände stellt sich eine Spannung unter 30 V ein (Richtwertformel für Basiswiderstand in Bild 13 beachten! Im Zweifelsfall benutze man zunächst ein Trimmpotentiometer von z. B. 1 MΩ und beginne bei niedriger Schleiferstellung; dabei ist U_{CE} zu messen). Es zeigte sich, daß für diese Stufen eine große Typenauswahl möglich ist. Die Wahl fiel schließlich auf die extrem billigen Basteltypen der Reihe SS 200, weil wegen der hohen verfügbaren Spannung deren Kollektorsättigungsspannung in der Größenordnung mehrerer Volt nicht stört. Für die ersten Versuche sollte man Transistorfassungen verwenden. Durch Umstecken läßt sich der Transistor mit den besten Rauscheigenschaften in der 1. NF-Stufe finden oder der mit den für Abschnitt 5.6. günstigsten HF-Eigenschaften. Bild 13 zeigt die Gesamtschaltung des NF-Teils. Man erkennt neben Gegenkopplungsmaßnahmen in der Endstufe zur Verbesserung der Wiedergabequalität in Verbindung mit dem Ausgangsübertrager (Widerstand von Kollektor nach Basis sowie Emitterwiderstand, der gleichzeitig einen kleineren Koppelkondensator erlaubte) relativ große Kollektor- und Basiswiderstände. Das führt dazu, daß sich viele Widerstände der Röhrenschaltung wiederverwenden lassen, zumal dann, wenn keine Leiterplatte benutzt wird; der Platz für diese Bauelemente steht ja zur Verfügung. Die gestrichelt eingetragenen Kondensatoren zwischen Basis und Kollektor dienen der Unterdrückung von eventuell auftretender Schwingneigung auf höheren Frequenzen, die sich z. B. durch eine unsaubere Wiedergabe oder gar im Sperren des Verstärkers bemerkbar macht. In diesem Zusammenhang empfiehlt sich bei Bedarf auch Abschirmen der Leitung zum Ausgangsübertrager. Weitere Hinweise siehe Abschnitt 5.9.!
Der Einsatz des bisherigen Lautstärkepotentiometers ergibt zwar bei kleinen Signalen eine Ausnutzbarkeit nur etwa im ersten Drittel des Drehbereichs, doch gewöhnt man sich schnell an dieses Verhalten. Dafür erspart man sich durch diese Übernahme jeden Eingriff mechanischer Art.

Soll der Verstärker später durch einen aufwendigeren ersetzt werden, der z. B. eine eisenlose Endstufe enthält und damit den Ausgangstransformator bei gleichzeitigem Gewinn an Klangqualität und Lautstärke überflüssig macht, so kann es allerdings nützlich sein, den 1. Verstärker als steckbare Leiterplatte auszuführen.

5.6. Verbesserter Eingangsteil

Auf die Dauer wird die Ansteuerung aus dem Diodengleichrichter nicht befriedigen, weder in Lautstärke (die man im NF-Teil zwar ggf. durch Überbrücken des Emitterwiderstands der Endstufe mit etwa 10 µF erhöhen kann) noch im Senderangebot und in der Trennschärfe.
Zunächst wird daher gemäß Bild 14 ein Transistor zwischen Gleichrichter und Schwingkreis eingefügt, den man an eine Koppelwicklung der Mittelwellenspule anschließt. Diese Koppelwicklung besteht aus einigen Windungen (6 bis 20, örtlich erproben!) Kupferlackdraht von etwa 0,3 mm Durchmesser. Es ist nun gleichgültig, in welcher Weise (vgl. die Schaltung des Mustergeräts) die Kreisspule an Masse liegt; auf jeden Fall steht an der Koppelwicklung das vom Kreis aus dem Senderangebot ausgewählte Signal zur Verfügung. Man erreicht mit dieser Schaltung zwar bereits einen Gewinn an Empfindlichkeit und (weil die Kreisbelastung viel kleiner geworden ist) auch an Trennschärfe, doch läßt sich noch immer etwas verbessern. Die Verbesserung besteht darin, den Verstärkertransistor zur Entdämpfung des Schwingkreises auszunutzen, so daß die Resonanzkurve schmaler wird. Überraschenderweise ist für diese Aufgabe das bisher noch nicht wieder genutzte Potentiometer des Klangregelnetzwerks geeignet. Die gemäß Bild 15 geänderte Schaltung läßt sich dadurch ähnlich wie ein rückgekoppeltes Audion handhaben: Bei der Sendersuche wird bis kurz vor dem durch Pfeifen kenntlichen Selbsterregungspunkt eingestellt, so daß der gewünschte Sender gut von anderen Stationen getrennt wird, auch wenn ihre Leistungen größer sind. Allerdings geht die Höhenwiedergabe in dem Maße zurück, in dem der Kreis entdämpft wird. Warum das so ist, wurde bereits weiter vorn erläutert.
Die genauen (optimalen) Werte von Kollektor- und Basiswiderstand sowie Rückkopplungskondensator muß man selbst ermitteln, wenn das Ergebnis (ein weicher Rückkopplungseinsatz über den ganzen Bereich ist das Ziel) noch nicht befriedigen sollte. Man beachte, daß das Gerät nie im selbsterregten Zustand betrieben werden darf, da es sonst als Sender arbeitet!

5.7. Erweiterung auf Kurzwelle

Während bisher nur mit der Mittelwellen-Eingangskreisspule gearbeitet worden ist, lohnt sich nun die Einbeziehung des Kurzwellenbereichs. Ob die im Mustergerät vorgenommene Ankopplung in anderen Typen unverändert einsetzbar ist oder ob man dort vielleicht noch den Wellenschalter einbeziehen muß, zeigt sich am Ergebnis. Im Muster jedenfalls genügte es, gemäß Bild 16 einfach die Koppelwicklungen für Mittel- und Kurzwelle in Serie zu schalten. Offenbar reichte der Kurzschluß der Mittelwellenspule in Stellung „KW" aus, um die Koppelwicklung bezüglich ihrer Induktivität für Kurzwelle wirkungslos zu machen. Anderenfalls würde sie als Drossel in Serie zum Transistoreingang wirken und damit das Eingangssignal für die Basis verringern.
Das Mustergerät enthält einen von 16 bis 49 m durchgehend abstimmbaren Kurzwellenbereich, und es gelang, auf allen Bändern Sender zu empfangen (selbstverständlich je nach Tageszeit auf den einzelnen Bändern unterschiedlich gut).

5.8. Ergebnis

Bild 17 und Bild 18 zeigen das mit einem Minimum an Aufwand und ohne zusätzliche konstruktive Maßnahmen umgebaute Gerät. Während also das Chassis nach oben hin völlig leer ist (abgesehen vom Drehkondensator, der zugehörigen Skala und dem Transformator), sieht es unterhalb fast so aus wie vorher, nur in anderer Anordnung der Teile. Eine Leiterplatte für den Empfangsteil, d. h. eine Kombination von Bild 13 und Bild 15 mit etwas ungewöhnlichen Eigenheiten zeigt Bild 19. Sie ist für 1/2-W-Widerstände mit 2 mm breiten Fahnenanschlüssen ausgelegt, wie sie im Altgerät verwendet worden sind. Daher haben einige Lötaugen einen entsprechend größeren Durchmesser. Auf diese Weise vermag man auch auf der Leiterplatte die beim Demontieren der alten Schaltung anfallenden Werte weitgehend wiederzuverwenden, besonders die im Megaohmbereich. Für sie erhält man ohnehin nur selten 1/8-W-Ausführungen. Andere benötigte Werte finden sich meist noch „ganz unten" in der Bastelkiste, wenn man einst mit Röhrenschaltungen gearbeitet hat. Auch bei der Leiterplattenversion sind die unter Abschnitt 5.9. zusammengefaßten weiteren Hinweise zu beachten! Die Leiterplatte des Versuchsmusters siehe Bild 19 c) wurde leiterseitig mit den Zusatzkondensatoren für die Unterdrückung von höherfrequenter Selbsterregung versehen (im vorliegenden Fall zusätzlich noch mit etwa 3 nF zwischen der Basis von T4 und Masse). Sie enthält auch den 500-µF-Siebkondensator für die Vorstufen bis zum Basisteiler von T4. Die Gleichrichterteilleiterplatte (s. ebenfalls Bild 19) wurde allerdings ursprünglich für diesen Kondensator und den Siebwiderstand mit ausgelegt. Außerdem wurde dort berücksichtigt, daß auf der Seite für die Variante nach Abschnitt 6.1. – je nach Beschaffbarkeit – statt 1 Elektrolytkondensators 2000/10 2 × 1000/10 einzusetzen sind. Bei Verwendung von Kodensatoren mit Schraubbefestigung kann man diese (wobei der erste zu isolieren ist) im Chassis montieren und die Gleichrichter zwischen ihnen und Lötösen befestigen. Dann wird eine Gleichrichterteilleiterplatte überflüssig.
Ein Hinweis noch zu den Widerstandswerten: Das Altgerät wird meist solche nach der alten DIN-Staffelung enthalten, also z. B. 400 Ω, 500 kΩ, 1,6 MΩ, 2 MΩ usw. Die neue Schaltung wurde dagegen in Anlehnung an heute „Gewohntes" mit IEC-gestaffelten Werten beschriftet (analog zu den ebengenannten: 390 Ω, 470 kΩ, 1,5 MΩ, 2,2 MΩ usw.), die für unsere Zwecke ohne weiteres gegeneinander ausgetauscht werden können. Bezüglich ihrer Toleranzfelder überlappen sie sich in einer für den vorliegenden Fall völlig ausreichenden Weise.
Bei der Leiterplattengestaltung wurde also kein besonderer Wert auf kleinstmögliche Fläche gelegt. So fällt auch ein Bauelementeausweich leichter. Die zur Anfertigung von Einzelleiterplatten nötigen Informationen ersieht der Leser aus Originalbauplan Nr. 20.

5.9. Spezielle Hinweise

Bei der Erprobung des umgebauten Geräts ergaben sich u. a. im Zusammenhang mit der unter Abschnitt 6.1. folgenden „eisenlosen" Endstufe kleinen Aufwands (infolge der dann höheren Verstärkungsreserve) einige Besonderheiten, auf die noch kurz eingegangen werden soll.
Frequenzgang: Je nach den erforderlichen Maßnahmen gegen die bei Siliziumtransistoren leichter gegebene Schwingneigung (Bild 13) wird sich ein unterschiedlicher Frequenzgang ergeben. Auch die oft beobachtete Betonung der Tiefen durch ältere Lautsprecher gehört dazu. Daher wurde entsprechend Bild 13 für die Koppelkondensatoren ein gewisser Bereich vorgegeben, der unter Umständen sogar noch nach unten erweitert werden kann. Dadurch gelingt es, z. B. die im Röhrengerät eingesetzten Papierkondensatoren wiederzuverwenden; nötigenfalls paarweise parallelgeschaltet.
Die ebengenannte Verstärkungsreserve verführt oft dazu, das Lautstärkepotentiometer weiter „aufzudrehen", als es im Sinne einer verzerrungsarmen Wiedergabe möglich ist. Die vorgestellte einfachste Variante hat natürlich – schon wegen der Gleichfeldauslenkung der Membran – keine „Konzertqualität". Das erreicht man erst z. B. mit dem 1,5-W-Verstärker nach Bild 22 (Abschnitt 6.5.). Allerdings gelten auch dabei noch gewisse Einschränkungen, die sich aus der jetzt relativ niedrigen Erregerspannung des Lautsprechers ergeben. Je schwächer nämlich das Magnetfeld, um so geringer ist nicht nur der Lautsprecherwirkungsgrad, sondern um so weniger werden auch störende Eigenresonanzen der Membran gedämpft. Letzte Konsequenz für höhere Ansprüche ist daher ein moderner permanentdynamischer Lautsprecher.
Auf der HF-Seite können durch stark einfallende Sender Verzerrungen entstehen: Der HF-Transistor (T1) wird dabei übersteuert. Empfangsort und Antennenaufwand entscheiden darüber, ob dieser Effekt auftritt. In solchen Extremfällen empfiehlt es sich, außer der üblichen Antennenbuchse eine weitere für „Nahempfang" vorzusehen, bei der zwischen eigentlichem Eingang und Antenne z. B. ein kleiner Kondensator eingefügt wird. Im Mustergerät genügte es, bei Ortsempfang den Antennenstecker einfach in die Tonabnehmerbuchse (eine alte Ausführung für Bananenstecker) einzuführen. Die kapazitive Einkopplung innerhalb des Spulensatzes über den

Wellenschalter hinweg reichte völlig aus. Im übrigen sollte bei Empfang stärkerer Sender die Rückkopplung nicht weiter als unbedingt nötig angezogen werden.
Brummeinstreuungen: Sie sind bei „Geradeausempfängern" mit ihrer relativ großen NF-Verstärkung ein besonderes Problem. Trotz des verhältnismäßig niederohmigen Transistoreingangs muß man also zunächst einmal die Leitungen zum und vom Lautstärkepotentiometer abschirmen. Das war auch in der ursprünglichen Röhrenschaltung der Fall. Es muß jetzt aber darauf geachtet werden, daß die Schirmung nur an bestimmten Punkten mit der Chassismasse in Berührung kommt (unisolierte Kupferumspinnung daher mit Isolierschlauch überziehen!). Das hat seinen Grund in einem Effekt, der auch am Mustergerät auftrat: Das relativ starke Streufeld des Netztransformators koppelt auch in die Schirmleitungen ein, wobei z. B. auf der Abschirmung eine 50-Hz-Wechselspannung entsteht. Erdet man sie nun sowohl am Potentiometer wie am Emitter von T2, so ergibt sich gerade bei der entsprechenden Potentiometer-Endstellung ein starker Brumm im Lautsprecher. Folgende Maßnahme, die auch in Bild 13 eindeutig eingetragen wurde, schafft Abhilfe: Beide Schirmleitungen (ggf. neue mit Außenisolation verwenden!) werden zunächst an ihren Endpunkten „Demodulator-Ausgang" und „Verstärker-Eingang" (Emitter von T2) an Masse gelegt. Nur die zum Verstärkereingang führende Leitung wird außerdem mit ihrer Abschirmung an den am Linksanschlag liegenden Anschluß des Lautstärkepotentiometers angelötet, dort aber auf keinen Fall nochmals an Chassismasse gelegt!
Hinweis besonders für Arbeitsgemeinschaften:

Wesentliche Fachbereichsstandards
- TGL 200-0602 Blatt 3, Abschnitt 3 – Schutzkleinspannung
Blatt 3, Abschnitt 2 – Schutzisolierung
Blatt 1, Abschnitt 2 – Berührungsschutz
- TGL 200-0619 Blatt 1, Abschnitt 9.1 – Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen

6. Variationen

Die folgenden Abschnitte bringen weitere Empfehlungen, nach denen besonders die fortgeschrittenen Leser ihr umgebautes Altgerät verbessern können. Ein so „weiträumiges" Objekt reizt ja wegen der guten Zugänglichkeit immer wieder zu solchen Verbesserungen. Sie können im vorliegenden Rahmen teilweise nur angedeutet werden. Ein später folgender Bauplan soll ausführlicher und konkreter auf diese Thematik eingehen. Zunächst jedoch noch eine erprobte Schaltung kleinen Aufwands für eine größere Ausgangsleistung.

6.1. Eisenlose A-Endstufe kleinen Aufwands

Auf Grund zahlreicher Erfahrungen bezüglich der tatsächlichen Belastbarkeit größerer Lautsprecher mit Gleichstrom (entgegen den Richtlinien der Hersteller) kann die Schaltung nach Bild 20 gerade für Altgeräte empfohlen werden. Der Netztransformator liefert billig den für diese Endstufe nötigen Ruhestrom, der Transistor kann auf einer ausreichend großen Kühlfläche und sogar in galvanischer Verbindung mit dem Chassis montiert werden, und schließlich steht eine recht brauchbare Ausgangsleistung zur Verfügung. Sie liegt zwischen der Lösung mit Original-Ausgangstransformator plus 30-V-Endstufe und der nach Abschnitt 6.5. Da im Mustergerät, das später auf diese Endstufe umgerüstet wurde, die Feldspule des Lautsprechers weiterhin versorgt werden mußte, wurde nur die Endstufe aus einem zusätzlichen Gleichrichter gespeist; die übrige Schaltung blieb an 30 V. Damit ergab sich eine Schaltungserweiterung gemäß Bild 21a, das man in Verbindung mit Bild 15 betrachten muß. Diese Schaltung ist eine gute Lösung, wenn bei weiterhin kleinem Gesamtaufwand eine höhere Ausgangsleistung erforderlich wird.
Der relativ große Arbeitspunktstrom der A-Endstufe bedingt einen Brummanteil am Ladekondensator, der eine getrennte Siebung des Basisarbeitspunktstroms erfordert. Das geschieht in diesem Fall durch den aufgeteilten Widerstand zwischen Basis und Minus in Verbindung mit dem Elektrolytkondensator. Innerhalb des Kollektorstroms stört der Brummanteil dagegen kaum; über die Basis aber wäre er verstärkt worden. Die sich durch die Belastung einstellende Gleichspannung am Ladekondensator betrug im Mustergerät etwa 5,8 V bei 0,7 A. Der Gleichstromwiderstand der Schwingspule lag bei 3,6 Ω. Mit dem Basisspannungsteiler wird deshalb so eingestellt, daß über dem Lautsprecher etwa 2,5 V stehen; die übrige Spannung fällt über dem Transistor ab. Die Gleichspannungsleistung im Lautsprecher beträgt dann weniger als 2 W und im Transistor höchstens 2,3 W. Der GD 160 muß also auf einem Kühlblech von wenigstens 12 cm × 12 cm (Aluminium, 2 mm dick) befestigt werden, das senkrecht z. B. auf dem Chassis montiert wird.
Hinweis: Bei Verwendung eines SY 200 bzw. eines LY 1 dürfen – genau genommen – laut Datenblatt bis 45 °C nur 0,6 A Gleichstrom fließen. Das bedeutet, daß auf höchstens 2,2 V über dem Lautsprecher einzustellen ist, was eine kleinere Aussteuerbarkeit ergibt. 0,8 A läßt dagegen der am Gewindestutzen erkennbare ältere Typ SY 100 zu, wie er im Mustergerät verwendet wird (verdrahtete Schaltung). Man kann aber auch auf einen Germaniumgleichrichter GY 110 (Innengewinde) ausweichen, der 1 A zuläßt, aber auf einem Kühlblech von 5 cm × 5 cm montiert werden muß.
Die niederohmige Ansteuerung des Endstufentransistors gewinnt man am einfachsten aus der Sekundärseite des mit etwa 10 Ω abgeschlossenen Ausgangstransformators des Altgeräts. Dadurch ergibt sich die skizzierte Schaltung in Verbindung mit der bisherigen 30-V-Endstufe. Man fügt also praktisch nur den zusätzlichen Transistor zwischen Ausgangstransformator und Lautsprecher zusammen mit den Bauelementen zur Ankopplung und Arbeitspunkteinstellung ein. Die große Gesamtverstärkung legt eine bessere Siebung der 30 V nahe; daher schaltet man dem schon vorhandenen 500-μF-Kondensator einen zweiten parallel. Das auf diese Weise umgestaltete Mustergerät brachte auf Mittel- und Kurzwelle gute Empfangsergebnisse, gemessen am Aufwand. Die Klangqualität entsprach dem, was man auf der Mittelwelle erwarten kann.
Die Gesamtschaltung dieser Gerätevariante wurde in Bild 21b zusammengefaßt.

6.2. Erweiterung zum Zweikreisempfänger

Empfehlungen für die Versuche: Statt der kapazitiv angekoppelten Antenne wird das Signal einer Ferritstabwicklung entnommen. Diese bildet mit dem bisher noch nicht wieder benötigten Oszillatorpaket des Drehkondensators den Eingangsschwingkreis, den man bezüglich Serien-C usw. in gleicher Weise auslegen muß wie den bisherigen Eingangskreis. Da beide Drehkondensatorpakete in dieser „Gerätetypenfamilie" gleiche Kapazitäten haben, ergibt sich Gleichlauf, wenn das L des Ferritstabs richtig abgeglichen wird (Stab verschiebbar, ggf. zu- oder abwickeln). Der Wellenschalterteil für den bisherigen Oszillator läßt sich für die Umschaltung auf Kurzwelle ausnutzen. Zwischen Ferritstab und 2. Kreis fügt man einen weiteren Transistor ein, dessen Ankopplung an den 2. Kreis das Hauptproblem der Schaltungserweiterung sein dürfte. Bei ungünstigen Verhältnissen kann es nämlich zur Selbsterregung kommen, besonders am oberen Bandende. Aus diesem Grund sollte man auch auf die zusätzliche Rückkopplung verzichten. Wahrscheinlich wird eine Koppelwicklung zum 2. Kreis hin eine brauchbare Lösung darstellen; gegebenenfalls muß mit einem Widerstand etwas bedämpft werden.

6.3. Sechskreissuper

Dieser Weg empfiehlt sich nur für Leser, die bereits „Supererfahrung" haben. Die Bandfilter bleiben beim Umbau im Empfänger. Der Oszillatorkreis wird mit Hilfe von Koppelwicklungen für Emitter und Kollektor an einen geeigneten Transistor angeschlossen. Für den Mischer wählt man einen ähnlichen Transistor aus. Beide müssen also auf Kurzwelle noch zuverlässig arbeiten. Der Mischer wird basisseitig lose an den 1. Kreis angekoppelt (ähnlich der Einkreiserlösung) und erhält die Oszillatorspannung z. B. über den Emitter, von dem aus man nach Masse einen Widerstand von einigen hundert Ohm einfügt. Im ZF-Teil ergeben sich ähnliche Selbsterregungsgefahren wie beim Zweikreiser. Man benutzt wieder Koppelwicklungen mit Windungszahlen, die am Objekt zu ermitteln sind. Vom Ausgang des 2. ZF-Filters wird das Signal dem Demodulator zugeführt, der dem des Einkreisers entsprechen kann. In der NF läßt sich infolge der höheren Vorverstärkung wahrscheinlich eine Stufe einsparen. (Das gilt auch für Abschnitt 6.2.!)

6.4. Bausteinsuper nach Originalbauplan Nr. 16

Man vermeidet als Anfänger viele Schwierigkeiten, wenn man einfach den Bausteinsuper aus Originalbauplan Nr. 16, Bild 21 bis Bild 23, übernimmt, z. B. als ganze Baueinheit auf dem Trägerrahmen. Allerdings muß dann die Oszillatorspule an den Drehkondensator angepaßt werden, damit sich wieder Gleichlauf mit dem Vorkreis ergibt, den man aus dem Altgerät übernimmt (Koppelwicklung wie beim Einkreiser anbringen). Das führt auf das „berüchtigte" Gleichlaufproblem. Ein möglicher Ausweg besteht darin, auch den Oszillatorkreis des Altgeräts zu benutzen und (entsprechend Abschnitt 6.3.) 2 Koppelwicklungen für Emitter und Kollektor anzubringen. Von der Kollektorwicklung aus führt man dann das Signal in den ZF-Verstärker des Bausteinsupers. Niederfrequenzseitig wird der Lautsprecher ohne den bisherigen Ausgangsübertrager an den Ausgang der GES 4 angeschlossen. Für die Stromversorgung benutzt man wegen des relativ kleinen Strombedarfs die Schaltung nach Bild 24 aus Originalbauplan Nr. 16, die eingangsseitig an die 6,3-V-Wicklung des Netztransformators angeschlossen wird. Die Vorlast entnimmt etwa den doppelten maximalen Betriebsstrom und bewirkt daher eine Ausgangsspannung im gewünschten Bereich, auch wenn die Gegentaktendstufe wegen kleiner Aussteuerung wenig Strom aufnimmt. Da der Absolutwert des Stroms im Verhältnis zu den Kondensatoren klein ist, bleibt auch die Brummspannung genügend niedrig.

6.5. Eisenloser Gegentakt-NF-Verstärker für 1,5 W gemäß Originalbauplan Nr. 16

Diese Schaltung enthielt im genannten Bauplan einen kleinen Fehler: 7 und 17 des oberen LVB müssen noch an Minus gelegt werden. Sie wird daher an dieser Stelle nochmals (korrigiert) wiedergegeben (Bild 22). Will man die angegebenen 1,5 W erreichen, braucht man dafür etwa 9 V und in den Aussteuerspitzen etwa 0,7 A. Da dieser Verstärker im allgemeinen mit der vom Demodulator gelieferten Eingangsspannung auskommt (bei Einkreiser evtl. eine NF-Stufe vorschalten), kann man von der einseitig an Masse liegenden 30-V-Versorgung der Feldspule abweichen. Da in diesem Fall HF-Transistor und übrige Schaltung aus 9 V betrieben werden können, läßt sich die 30-V-Versorgung ohne bestimmte Zuordnung zur Masseleistung benutzen. Das erlaubt die Verwendung eines Graetz-Gleichrichters für die Betriebsspannung des NF-Teils, was hinsichtlich der kleineren Welligkeit bei bestimmten C-Werten günstig ist. Empfohlen wird daher der aus Originalbauplan Nr. 12 stammende einfache Netzteil nach dem dortigen Bild 25b, allerdings jetzt mit einer 8-V-Z-Diode ausgerüstet. Anderenfalls (bei Einweggleichrichtung) sollte man mindestens den doppelten Wert für den Ladekondensator vorsehen. Der Vollständigkeit halber wird auch diese Schaltung nochmals wiedergegeben (Bild 23). Man versorgt sie aus der Serienschaltung der 4-V- und der 6,3-V-Wicklung und muß mit etwa 4 W über den Siebtransistor rechnen. (Aus diesem Grund geänderter Typ gegenüber Ursprungsschaltung!) Er wird daher auf einem Kühlblech von wenigstens 10 cm × 10 cm (Aluminium, 2 mm dick) senkrecht zum Chassis montiert, aber in diesem Fall gegen das Chassis isoliert. Da bei dieser Gesamtschaltung der Pluspol an Masse liegt, empfiehlt sich sowohl für den eventuell nötigen Vorverstärker wie für den HF-Transistor ein pnp-Germaniumtyp, im Gegensatz zur Ausgangsschaltung nach Abschnitt 5. Es sei darauf hingewiesen, daß – ebenso wie bei Abschnitt 6.2. bis Abschnitt 6.4. – auch diese Schaltung noch nicht im Zusammenspiel im Altgerät erprobt wurde, sondern als Anregung zum selbständigen Weiterarbeiten für den Fortgeschrittenen gedacht ist! Die konkreten, erprobten Schaltungen nach Abschnitt 5. und Abschnitt 6.1. genügen für den Anfänger vollauf zum Umbau des Altgeräts in ein den meisten Ansprüchen gerecht werdendes einfaches Transistorgerät!
Die Lösung nach Abschnitt 6.5. verspricht dagegen eine Ausgangsleistung, die mit der ursprünglichen verglichen werden kann, so daß sie sich besonders in Verbindung mit einem Supereingangsteil lohnen dürfte.

6.6. Verwendung einer Industrieleiterplatte

Bisweilen sind im Amateurbedarfshandel bestückte Leiterplatten transistorisierter Kofferempfänger erhältlich, die aus ausgelaufenen Serien stammen und meist kleinere Fehler enthalten.

Der Fortgeschrittene kann durch Reparatur und Einbau einer solchen fertigen Platte in Verbindung mit dem vorhandenen Netztransformator, einer der Betriebsspannung entsprechenden Stromversorgung (wofür die Schaltung nach Bild 23 gut geeignet sein dürfte!) und den übrigen Baueinheiten des Altgeräts (vor allem des großen Skalentriebs!) ein sehr leistungsfähiges Heimgerät schaffen.

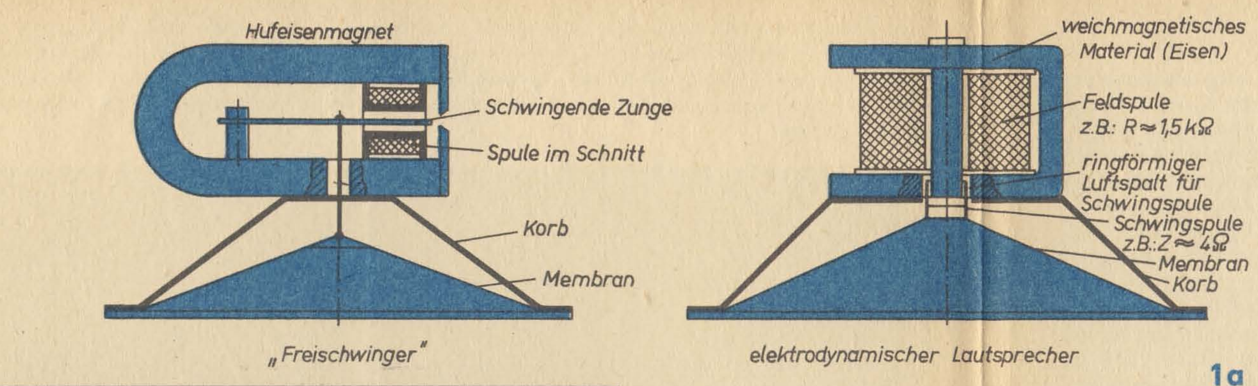
7. Literatur

Die Bauplanreihe hat inzwischen eine Themenvielfalt erreicht, durch die es möglich wird, alle nötigen weiteren Informationen zum Thema aus anderen Originalbauplänen zu ziehen. Wir empfehlen daher bezüglich Erläuterungen zu den Empfangsprinzipien auf AM die Originalbaupläne Nr. 1 („Start"), Nr. 6 („Junior") und Nr. 15 („mini") sowie für FM den Originalbauplan Nr. 11 („Senior"); für Empfängertechnik und NF-Verstärker Originalbauplan Nr. 16 („Amateurelektronik-Experimente") und Originalbauplan Nr. 17 („Stereoverstärker"), hinsichtlich Stromversorgung Originalbauplan Nr. 12 („Stromversorgung für Transistorgeräte") und bezüglich Leiterplattentechnik Originalbauplan Nr. 20 („Gedruckte Schaltungen – ganz einfach").
In der Reihe „Amateurbibliothek" findet man im Buch „Amateurtechnologie" (K. Schlenzig) Prinzipien für die Gestaltung von modernen Amateurgeräten einschließlich der Herstellung und Anwendung der gedruckten Schaltungen, und aus dem „Großen Radiobastelbuch" (K.-H. Schubert) kann sich vor allem der Anfänger alle nötigen Informationen für dieses noch immer so beliebte Gebiet holen und mit Hilfe des „abc der Niederfrequenztechnik" (K. K. Streng) bezüglich der Niederfrequenztechnik vertiefen. Kenntnisse über moderne Transistoren schließlich vermitteln die Broschüre „Einführung in die Dioden- und Transistortechnik, Teil 2" (H. J. Fischer), die Amateurreihe „electronica", und selbstverständlich auch das Buch „Transistortechnik für den Funkamateur" (H. J. Fischer) sowie speziell für den Bauplanleser Originalbauplan Nr. 18 („Siliziumschaltungsmosaik"). Die genannte Literatur ist im Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik erschienen.

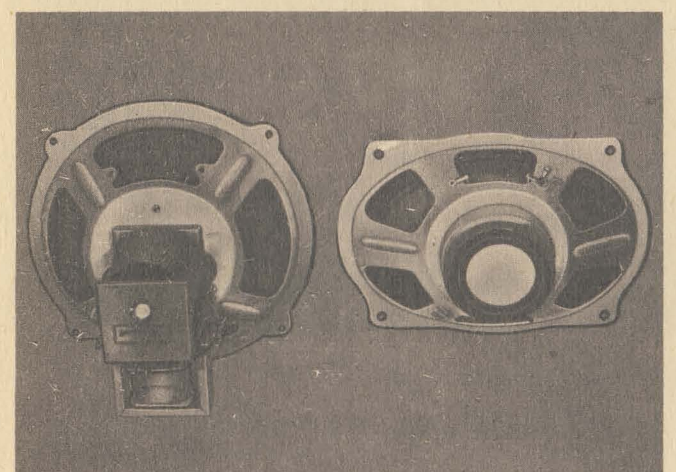
8. Bauelementefragen und Bezugsquellen

Der vorliegende Originalbauplan gestattet die Verwendung vieler, besonders der sonst relativ teuren Bauelemente aus dem Umbauobjekt. Im wesentlichen benötigt man nur noch 4 bis 5 Basteltransistoren, 2 bis 3 Basteldioden und einige Elektrolytkondensatoren. Diese Kondensatoren dürfen sogar Typen mit Schraubbefestigung sein, da man sie (ggf. auch isoliert) in bereits vorhandenen Chassisaussparungen unterbringen kann. Die Beschaffung der Teile für die gewählte Variante wird also nicht allzu schwierig sein. Nur beim Silizium-Endstufentransistor gemäß Abschnitt 5. ist auf die nötige Spannungsfestigkeit zu achten, die wegen der Eigenart des Transformatorausgangs mindestens gleich der doppelten Betriebsspannung plus 10% möglicher Überspannung (Netzschwankungen!) sein muß. Bei Bestellung sollten außer dieser Angabe möglichst viele Ausweichmöglichkeiten genannt werden. Die folgenden Amateurbedarfsgeschäfte sind bemüht, die Teile auch dieses Originalbauplans (selbstverständlich aber natürlich keine Altgeräte!) für den Direktverkauf bereitzuhalten, während das Versandgeschäft außerdem innerhalb der gesamten DDR per Post liefert. Die Anschriften lauten:
1058 Berlin, Kastanienallee 78, Telefon 44 35 93
801 Dresden, Ernst-Thälmann-Straße 9, Telefon 47 31 71
501 Erfurt, Hermann-Jahn-Straße 11/12, Telefon 2 21 08
402 Halle, Klement-Gottwald-Straße 40/41, Telefon 3 54 666
701 Leipzig, Grimmaische Straße 25, Telefon 2 48 25
Konsumgenossenschaft Kreis Oschatz, Elektronik-Akustik-Versand, 7264 Wermsdorf, Clara-Zetkin-Straße 21, Telefon 3 33

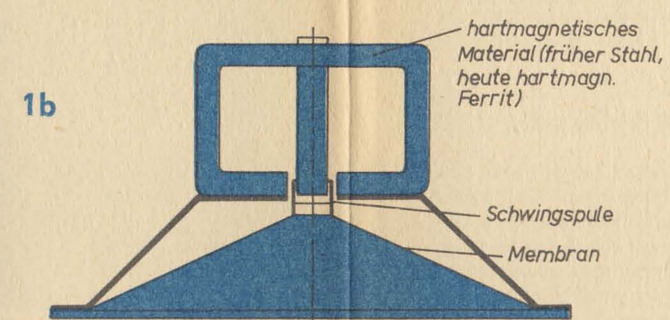
1.–20. Tausend · Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1972 · Cheflektorat Militärliteratur · Lizenz-Nr. 5 · ES-Nr. 23K · Lektor: Wolfgang Stammler · Zeichnungen: Manfred Schulz · Typografie: Helmut Herrmann · Vorauskorrektor: Ingeborg Kern · Korrektor: Ilse Fähndrich · Printed in the German Democratic Republic · Lichtsatz: Graphischer Großbetrieb Interdruck · Druck und Buchbinderei: Sachsendruck Plauen · Redaktionsschluß: 17. Januar 1972 · Bestellnummer: 745 512 5

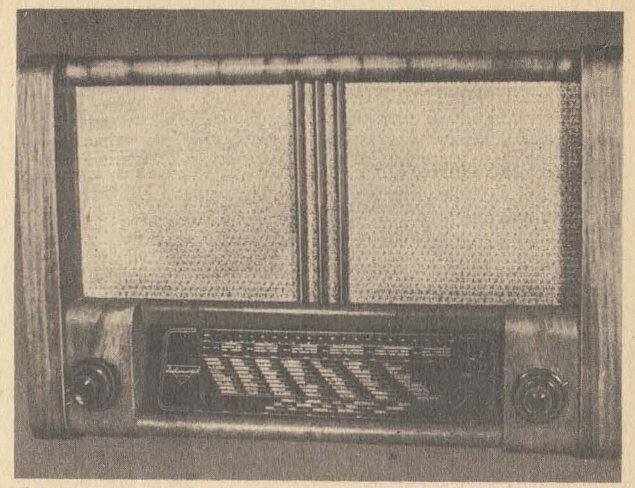


1a

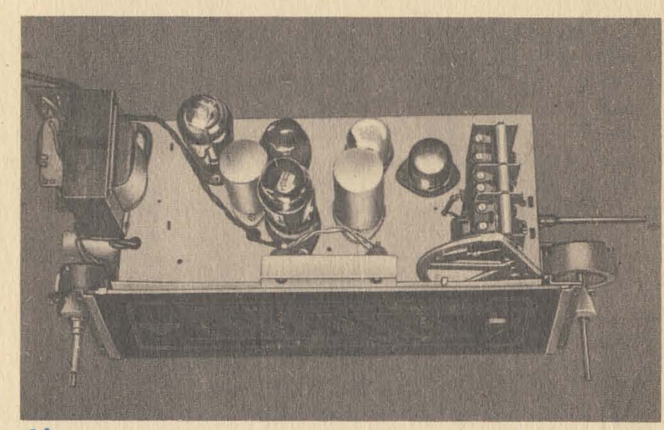


1b

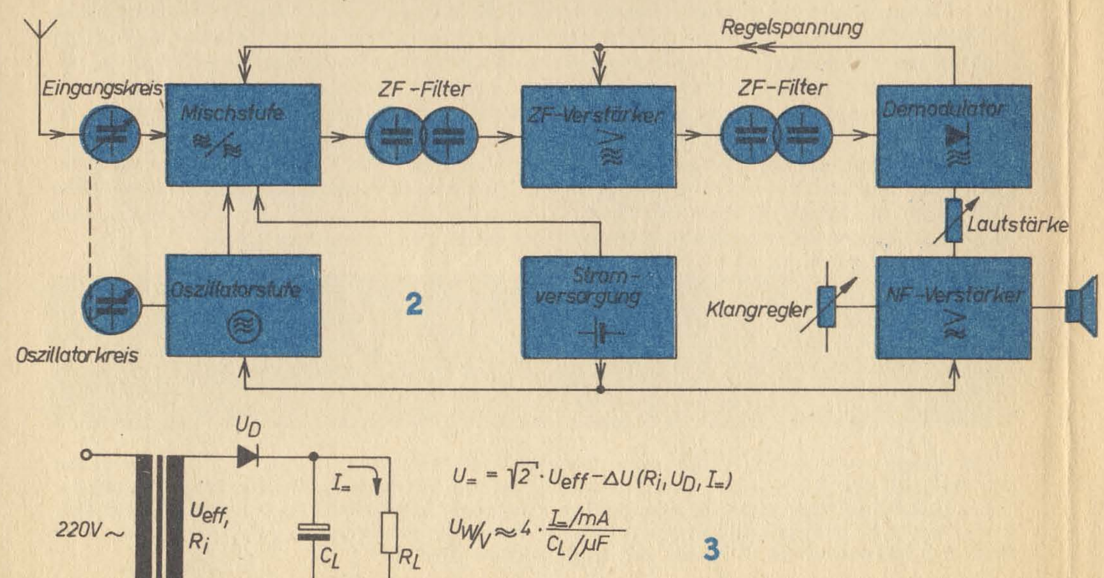


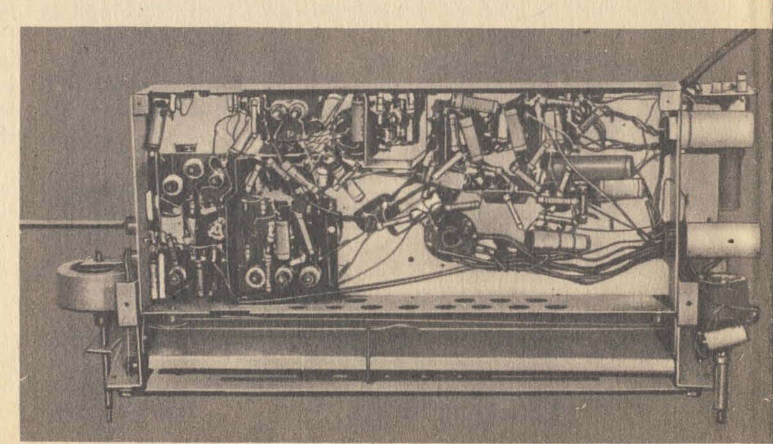


4a



4b





4c

Bild 1
a – Lautsprechersysteme im Prinzip: Freischwinger, elektrodynamischer und permanentdynamischer Lautsprecher;
b – Elektrodynamischer Lautsprecher aus einem Altgerät im Vergleich mit einem modernen permanentdynamischen Typ

Bild 2
Typischer Übersichtsschaltplan eines AM-Supers

Bild 3
Gleichrichterschaltung mit Halbleiterdiode

Bild 4
Das für den Umbau vorgesehene Mustergerät:
a – Vorderansicht;
b – Blick auf das Chassis;
c – Blick von unten in das Chassis

VEB Sachsenwerk Niedersedlitz

4 Röhren, 6 Kreise

OLYMPIA 522 WM

Vorderansicht des Mittelsupers Olympia 522 WM

Für die Entwicklung und Konstruktion des Gerätes „Sachsenwerk Olympia 522 WM“ waren mehrere Forderungen

...ßen vierfarbigen Übersichtsskala eine genaue und auch schnelle Stationseinstellung ermöglicht.

Um dem Rundfunkhörer die Einstellung auf einen Kurzwellensender zu erleichtern, wurde der Kurzwellenbereich in

zur Auswahl des Gehäuses, bei dem nicht nur seine Formschönheit, sondern auch seine akustischen Eigenschaften entscheidend waren.

Die Niederfrequenzkurven bestätigen die gute Auslegung des Niederfrequenzteiles des Gerätes in bezug auf eine günstige Anhebung sowohl der Tiefen als auch der Höhen. Dabei muß besonders hervorgehoben werden, daß es durch die vorteilhafte Kombination zwischen Klangfarbenregler und Gegenkopplung möglich ist, durch Verändern der Gegen-

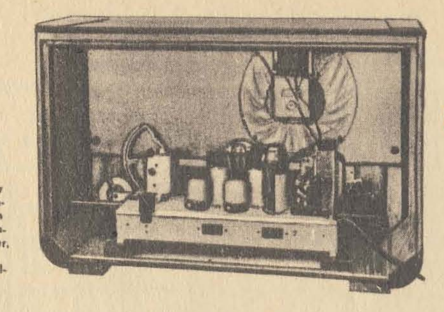
A. ZF-Abgleich und Einstellung des ZF-Sperrkreises

Wellenschalter auf „Mittel“ schalten. Skalenzeiger auf rechten Anschlag stellen.

1. Mit ZF 468 kHz die Kerne 4, 3, 2, 1 abgleichen.
2. Mit ZF 468 kHz den Kern 5 auf Minimum abgleichen.

B. Abgleich der Empfangsbereiche

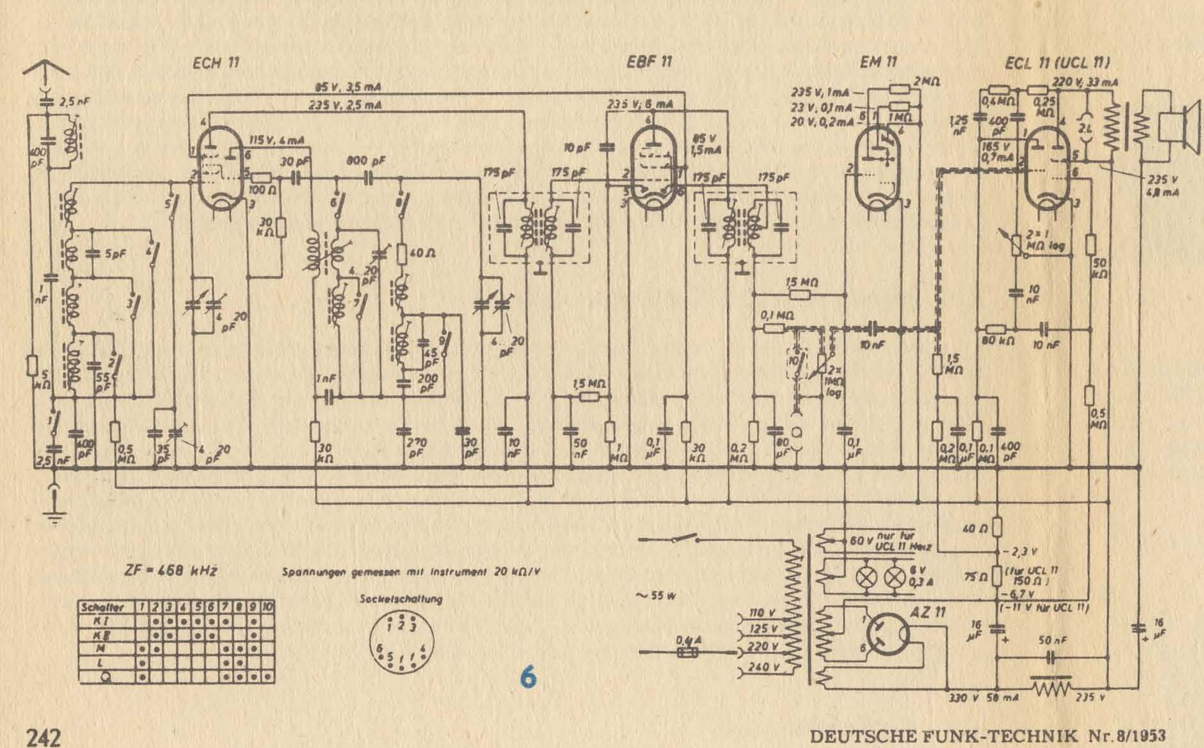
1. Prüfen, ob bei eingedrehtem Drehko



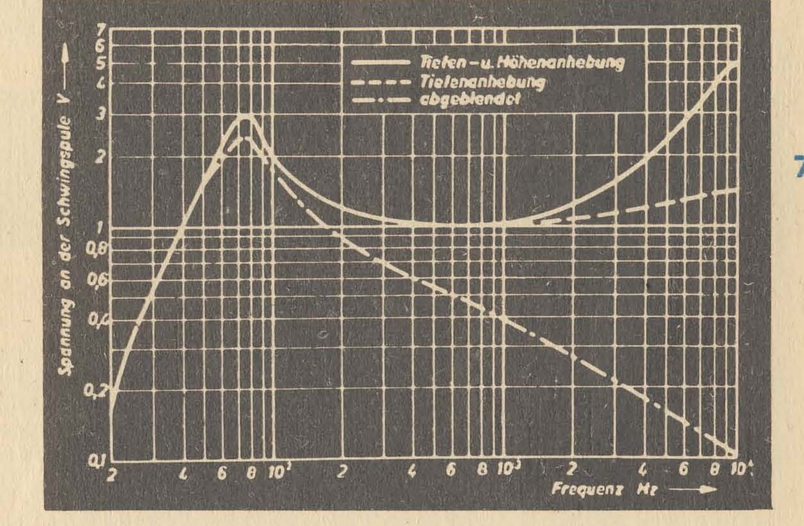
Innenansicht des 6-Kreis-Supers. Für gute akustische Abstrahlung sorgt ein großer elektrodynamischer Lautsprecher, Korbdurchmesser 198 mm mit Spezialspinne

5

Technische Daten



6



7

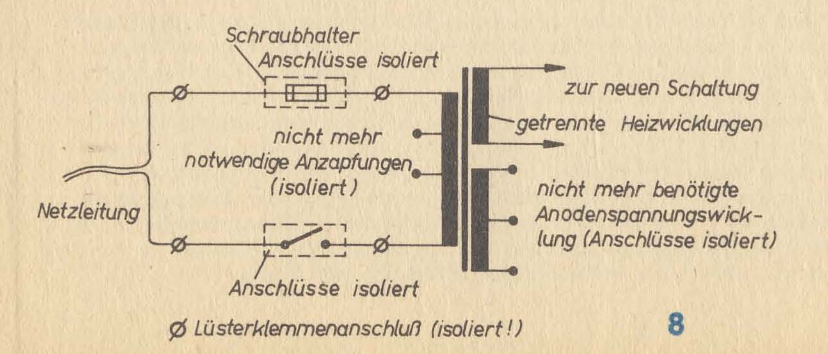
Bild 5
In solchen Veröffentlichungen kann man Angaben zu seinem Altgerät finden: Deutsche Funktechnik, Heft 8/53

Bild 6
Schaltung des Grundtyps zum Umbaumuster (unterer Teil von Bild 5)

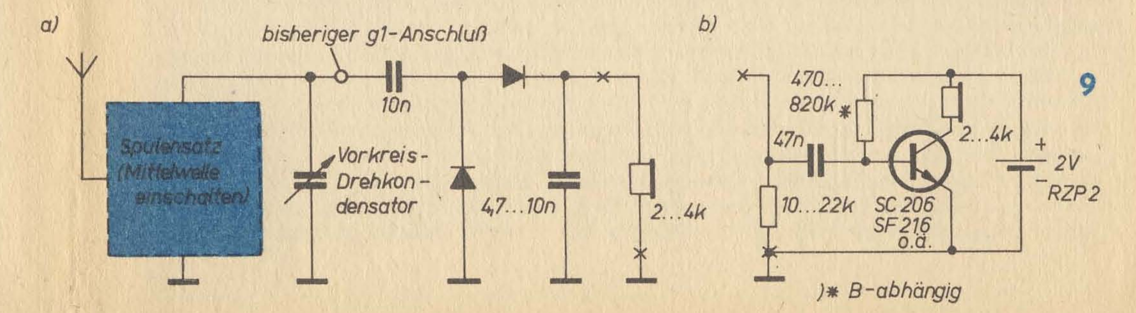
Bild 7
Frequenzgang des 522 WM (NF-Eingang bis NF-Ausgang)

Bild 8
Maßnahmen im Netzkreis zur völligen Isolierung

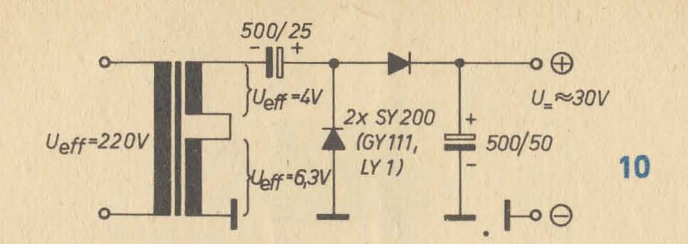
Bild 9
a – Einfacher Demodulator zwecks Nutzung der Ortssendermodulation für die Ansteuerung des neuen NF-Teils (für Gerät mit T1 statt 4,7 nF nur 1 bis 2,2 nF);
b – Hilfsverstärker für die Überprüfung des HF-Teils mit Kopfhörer, falls das Signal ohne Verstärkung zu schwach ist



8



9



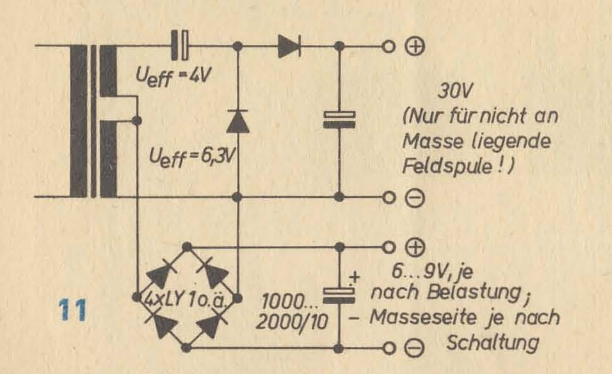
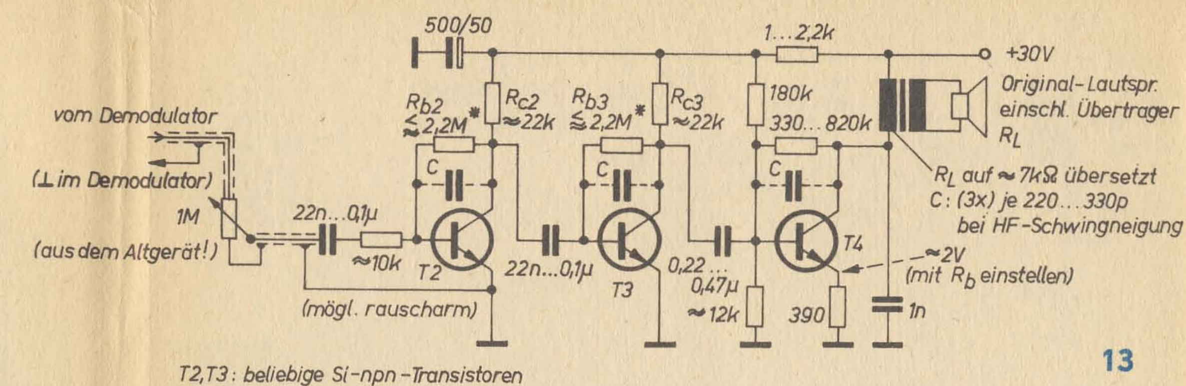
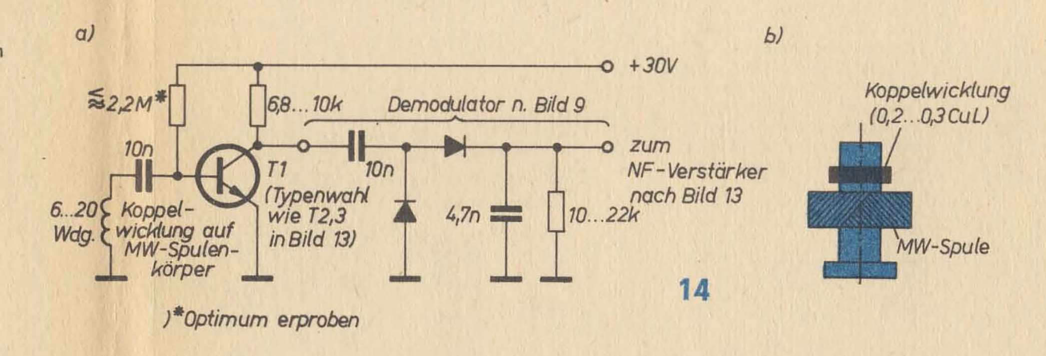


Bild 10
30-V-Verdopplerschaltung für Feldspule und Verstärker

Bild 11
Variante des Netzteils, wenn ein Verstärker größerer Leistung bei kleinerer Betriebsspannung benutzt wird (Feldspule „erdfrei")

Bild 12
Kennliniendarstellung der Endstufe in Verbindung mit dem Ausgangstransformator





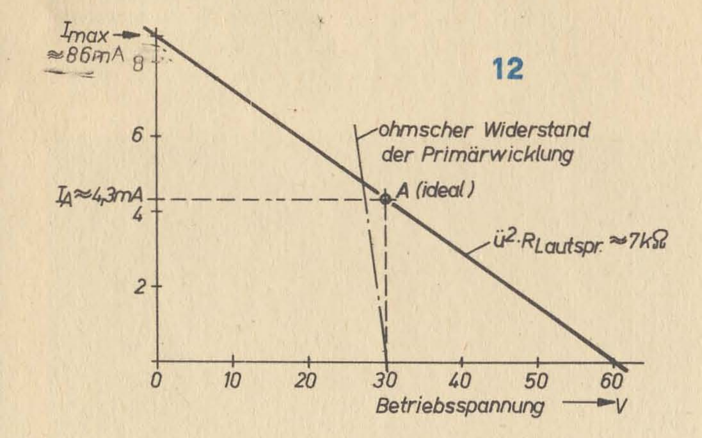
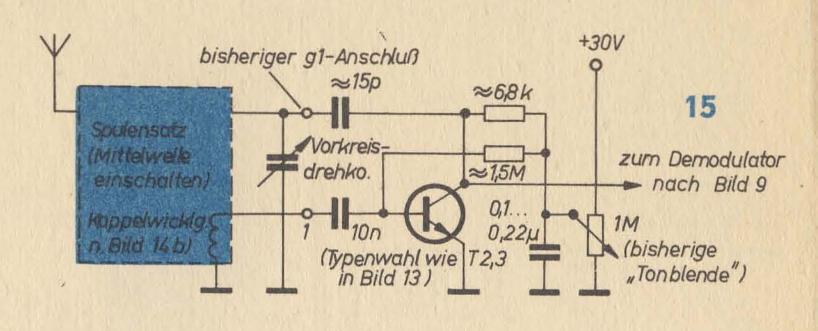


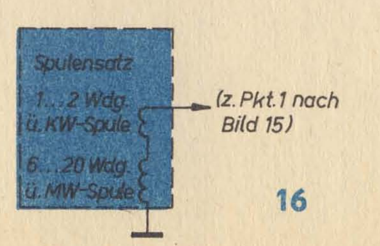
Bild 13
Gesamtschaltung des NF-Teils mit 30-V-Transformatorendstufe

Bild 14
HF-Verstärker vor dem Demodulator nach Bild 9, der wiederum an den Eingang der Schaltung entsprechend Bild 13 angeschlossen wird

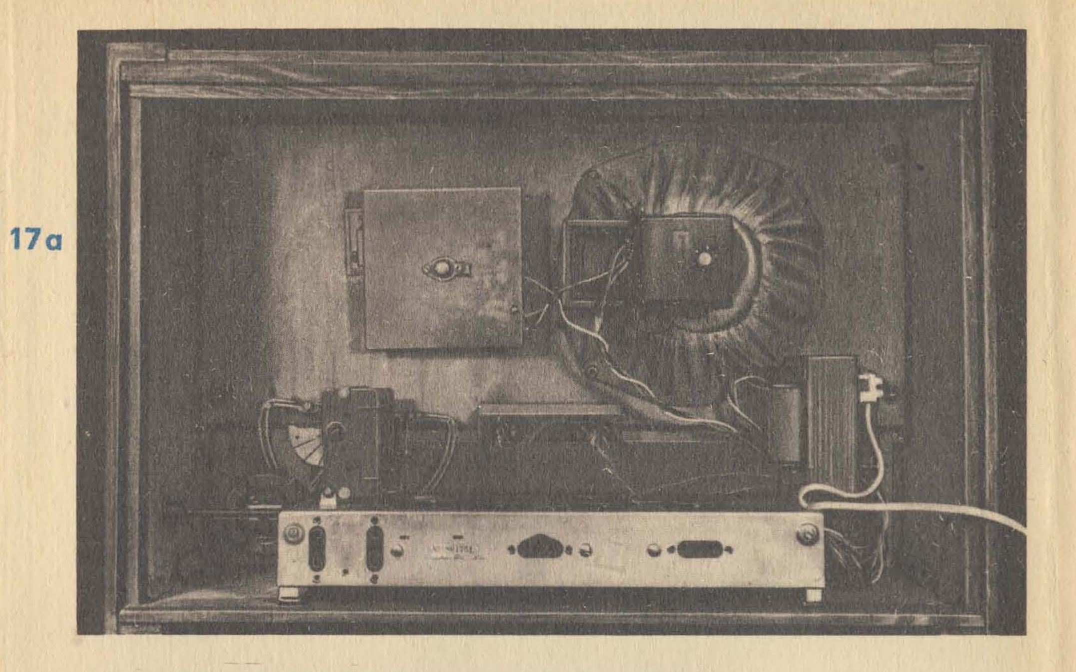
Bild 15
Eingangsschaltung mit Rückkopplung unter Verwendung des Klangregelpotentiometers aus dem Altgerät. 1,5 MΩ ggf. zwischen b und c schalten; Wert für weichen Rückkopplungseinsatz evtl. variieren

Bild 16
Erweiterung der Eingangsschaltung auf Kurzwelle





17a



17b

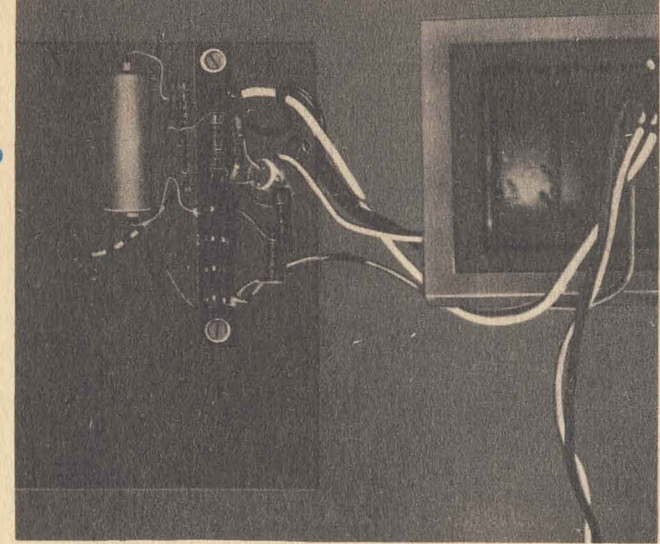


Bild 17
a – Chassisansicht von oben nach dem Umbau gemäß Bild 13 und Bild 15 (Variante mit eisenloser Endstufe – siehe Kühlblech mit GD 160 neben dem Lautsprecher!); b – Rückseite des Endstufenteils (herkömmlich verdrahtet)

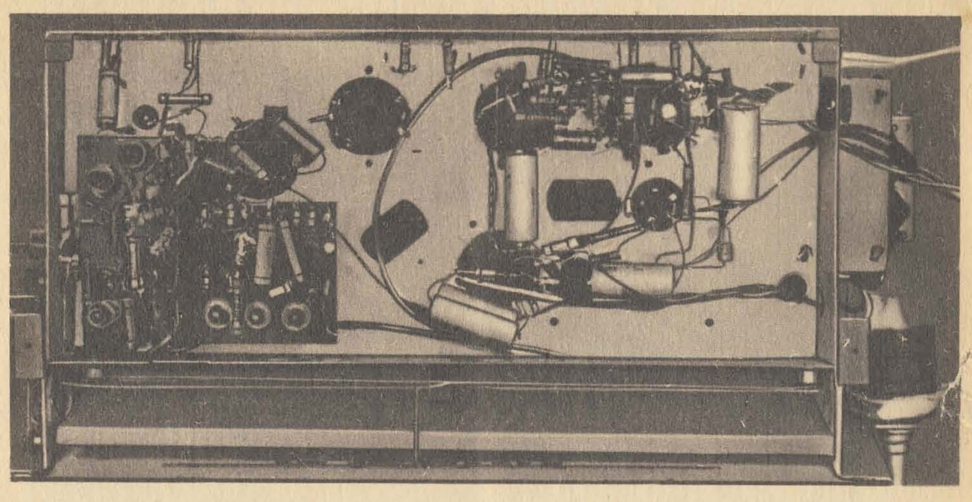
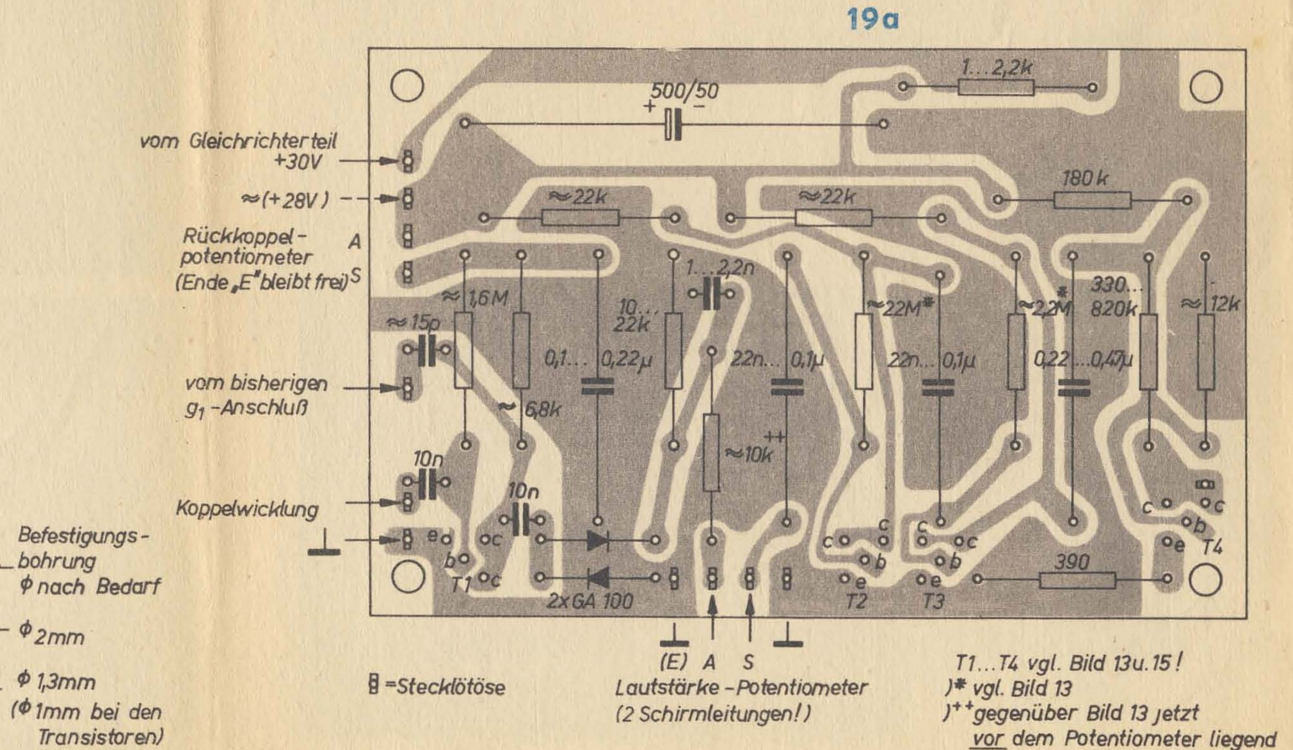
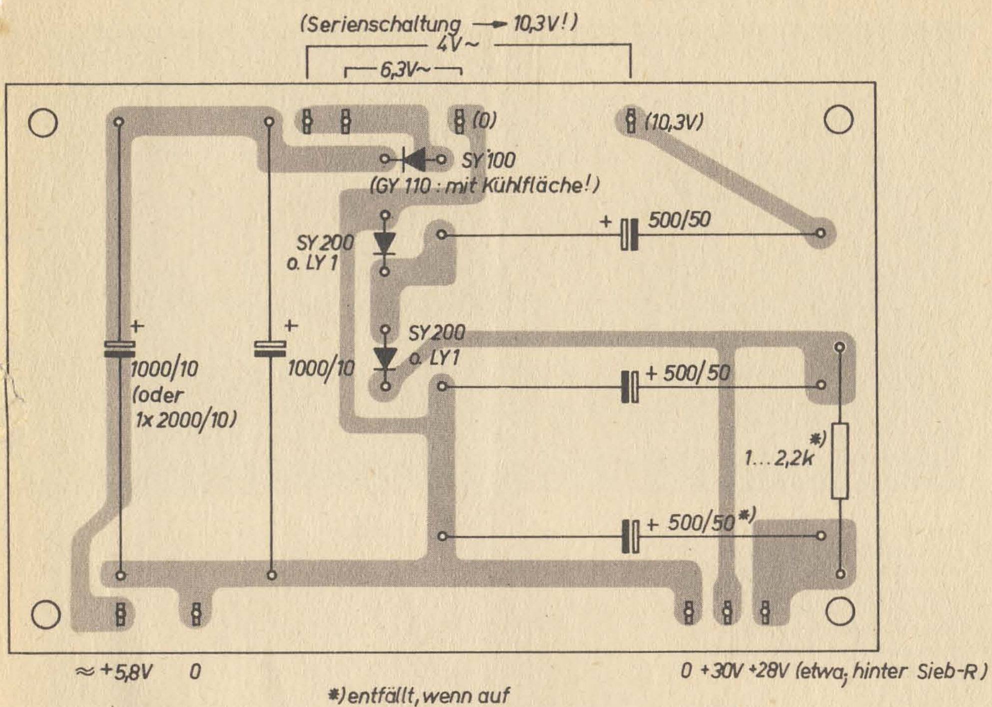


Bild 18
Blick auf die „herkömmlich" ausgelegte Verdachtungsseite des umgebauten Geräts (die bisherigen Widerstände wurden – soweit möglich – verwendet bzw. andere ältere Exemplare)

18

19a

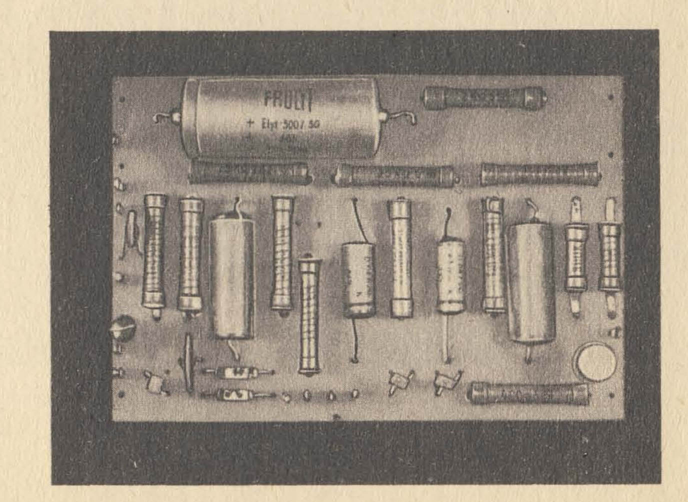


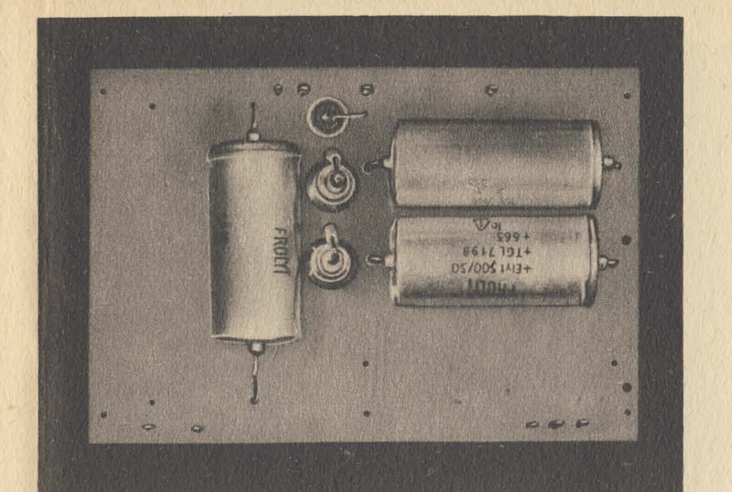


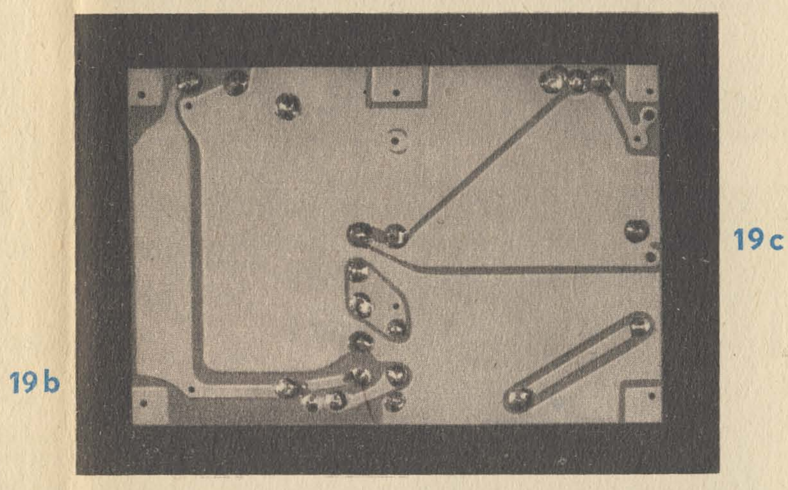
19 d

Bild 19

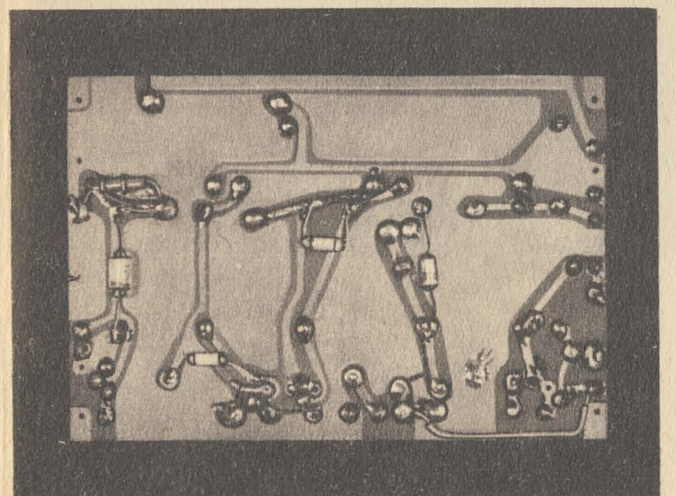
a – Leitungsmuster („durchscheinend" von Bestückungsseite aus gesehen) und Bestückungsseite einer möglichen Leiterplatte (75 mm × 115 mm) für das Gerät nach Bild 9, Bild 13 und Bild 15 sowie als Steuerteil für Variante entsprechend Abschnitt 6.1. (Transistor-Lötpunkte für „Miniplast"- und auch für Metallgehäuseausführung geeignet, daher je 2× „c"); b und c – Musterleiterplatten für Empfangs- und Gleichrichterteil (verbindlich sind aber a und d!); d – Leitungsmuster für Gleichrichterteil („durchscheinend") von Bestückungsseite aus gesehen und Bestückungsplan (das Siebglied 500/50 und 1 bis 2,2 kΩ kann wahlweise auch auf der Platte nach a angebracht sein!), Plattenabmessungen ebenfalls 75 mm × 115 mm







19 b



19 c

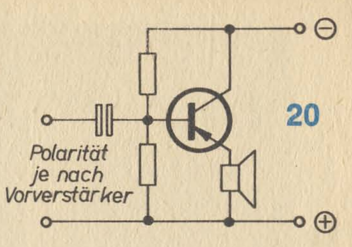
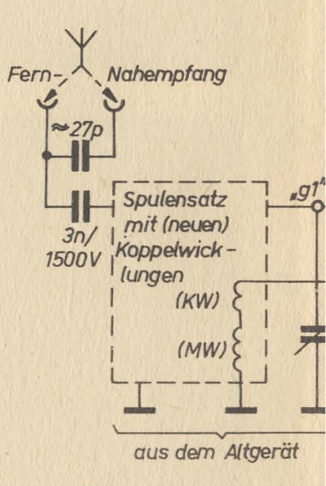
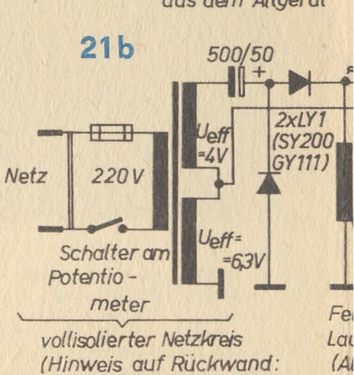


Bild 20
Eisenlose A-Endstufe kleinen Aufwands in einer von manchen Lautsprecherproduzenten unerwünschten Schaltungsart





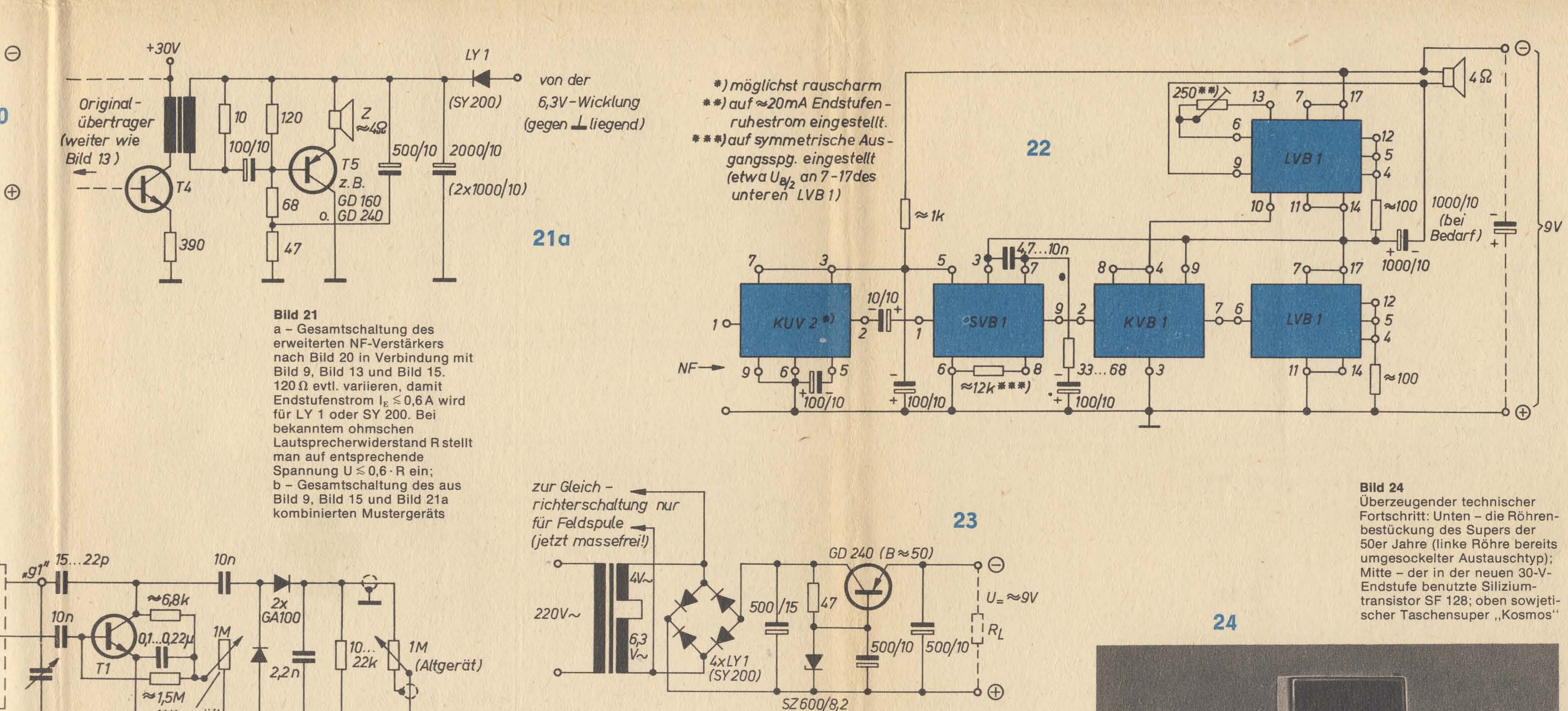


Bild 21
a – Gesamtschaltung des erweiterten NF-Verstärkers nach Bild 20 in Verbindung mit Bild 9, Bild 13 und Bild 15. 120 Ω evtl. variieren, damit Endstufenstrom $I_E \leq 0{,}6$ A wird für LY 1 oder SY 200. Bei bekanntem ohmschen Lautsprecherwiderstand R stellt man auf entsprechende Spannung $U \leq 0{,}6 \cdot R$ ein;
b – Gesamtschaltung des aus Bild 9, Bild 15 und Bild 21a kombinierten Mustergeräts

Bild 24
Überzeugender technischer Fortschritt: Unten – die Röhrenbestückung des Supers der 50er Jahre (linke Röhre bereits umgesockelter Austauschtyp); Mitte – der in der neuen 30-V-Endstufe benutzte Siliziumtransistor SF 128; oben sowjetischer Taschensuper „Kosmos"

„g1" 15...22p 10n 10n T1 ≈6,8k 0,1...0,22μ ≈1,5M (Altgerät) ehemals „Tonblende" 1M 2x GA100 2,2n 10...22k 1M (Altgerät) erät

SY 100 (GY 110; LY 1 oder SY 200 bei 0,6A) ≈+30V ≈5,8V xLY1 Y200 Y111) 1...2x 500/50 2000/10 (2x1000/10) 500/50 Feldspule des el.-dyn. Lautsprechers (Altgerät)

22n...0,1μ ≈10k R_{b2} ≤2,2M R_{c2} ≈22k C T2 22n... 0,1μ R_{b3} ≤2,2M R_{c3} ≈22k C T3 0,22... 0,47μ 180k 330... 820k C T4 ≈12k 390 1...2,2k Ausgangsübertrager (Altgerät) Lautsprecher (Altgerät) 10 120 100/10 T5 68 47 Z≈4Ω 500/10

Bild 22
Eisenloser 1,5-W-Verstärker in Bausteintechnik, geeignet für den Einsatz in Altgeräten nach Umbau des HF-Teils (Übernahme aus Originalbauplan Nr. 16; über die Bausteinschaltungen nach Originalbauplan Nr. 13 läßt sich daraus auch eine Leiterplatte für Einzelbestückung mit den nötigen Bauelementen ableiten!)

Bild 23
Einfacher Netzteil für die Schaltung nach Bild 22 aus Originalbauplan Nr. 12